



TITLE:

操作からの意図推定に基づくユーザ主導型ヘルプ機能のインタラクション設計(Dissertation_全文)

AUTHOR(S):

井上, 剛

CITATION:

井上, 剛. 操作からの意図推定に基づくユーザ主導型ヘルプ機能のインタラクション設計. 京都大学, 2014, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2014-03-24

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k18268>

RIGHT:

博士（工学）学位論文

操作からの意図推定に基づくユーザ主導型
ヘルプ機能のインタラクション設計

2014 年 3 月

井上 剛

京都大学大学院 工学研究科

摘要

現在の生活において、我々は様々な電子機器を利用することで日々便利に過ごしている一方で、これらの電子機器進歩は速く、使いこなすことは難しいため、ユーザの操作支援を行うヘルプシステムが求められている。しかし、従来のユーザ主導型のヘルプシステムでは電子機器とヘルプシステムが独立しているため、ヘルプシステムを利用する際は再度一から目的機能を探す必要がありユーザの負担が大きい。一方、システム主導の能動型ヘルプシステムでは、ユーザの操作意図を推定して支援を行うが、必要としないときにも煩わしい支援を行うことがある。以上の背景のもと、本論文では、電子機器を利用するユーザが目的機能に到達できず操作支援を求めた際に、操作履歴からユーザの意図を推定することで、目的機能探索を支援するユーザ主導型ヘルプシステムの実現を目指した研究内容とその成果について述べる。

従来の能動型ヘルプシステムでは、ユーザの意図推定に開発者が構築した大掛かりなデータベースや大量の操作履歴に基づく確率モデルによるユーザモデルを用いる。しかし、これらのユーザモデルは構築が容易ではない。これに対して、本論文では、メニュー選択型インタフェースにおけるユーザの探索行動が目的機能に意味的類似度が最も近いメニュー項目を選択するとし、文書集合を用いて構築した単語間の意味定期類似度をユーザモデルとして用いた目的機能推定手法を提案する。さらに、AV機器の操作戦略には、機能を先に選択する操作戦略とコンテンツを先に選択する操作戦略が存在することを明らかにし、そのユーザの操作戦略の判定結果に応じて目的機能推定処理を変更する操作戦略に基づく

目的機能推定方法を提案すると共に、その有効性について評価実験を行うことで検証する。

操作履歴からユーザの目的機能を推定するヘルプシステムでは、推定結果をリスト提示するインタフェースが多い。このインタフェースでは推定結果の精度が悪い場合に、目的機能が下位に提示されてしまうために機能を探すユーザの負担が大きくなる。そこで本論文では、ユーザの目的機能を推定してリスト表示するヘルプシステムが従来の目的機能推定を行わない階層型インタフェースを有するヘルプシステムに対してユーザの負担を軽減する推定精度（推定順位）についてユーザビリティテストの実施結果により明らかにする。

さらに、本論文では、直接目的機能を推定し、ユーザに提示するインタラクションの問題点を解消するため、ユーザが操作時にどのような型に属する機能（機能スキーマ）を想定していたかを推定し、その結果を用いて目的機能を絞り込むインタラクション制御手法を提案する。提案するインタラクション制御手法では、対象機器の各機能について機能スキーマ及び機能スキーマを構成する要素の定義を行い、それぞれをフレーム及びスロットで表現し、フレーム駆動型対話制御手法により機能の絞り込みに必要な情報の入力を促す。この際、操作履歴から機能スキーマや機能スキーマの要素の値の推定を行うことで、よりユーザ負担の少ないインタラクションが可能となる。提案手法に基づくヘルプシステムと比較用の従来手法に基づくヘルプシステムを構築し、評価実験を行うことで提案手法の有効性を検証した結果、従来手法に比べてユーザ負担が大幅に軽減できた。

以上のように、本論文では、複雑化する電子機器のユーザビリティを改善するために、ユーザ主導型のヘルプシステムの新たなインタラクション・デザインの方法論を提案し、その有効性をユーザビリティテストに基づく評価実験により検証した。

目次

第1章	序論	1
1.1	本研究の背景	1
1.2	インタフェースの評価	3
1.3	従来のヘルプシステム	5
1.3.1	受動型ヘルプシステム	5
1.3.2	能動型ヘルプシステム	6
1.4	本研究の目的	7
1.5	提案ヘルプシステムの全体構成	10
1.6	本論文の構成	12
第2章	ユーザの選択履歴に基づく目的機能の推定	15
2.1	諸言	15
2.2	ラベル追従戦略に基づく目的機能推定手法	16
2.2.1	ラベル追従戦略	16
2.2.2	目的機能推定手法の定式化	17
2.2.3	目的機能推定手法の処理	18
2.3	ラベル追従戦略に基づく目的機能推定手法の評価	20
2.3.1	LSA 意味空間の構築	20
2.3.2	評価用選択履歴データの収集実験	21
2.3.3	ラベル追従戦略に基づく目的機能推定手法の評価	24
2.4	ユーザの操作戦略に基づく目的機能推定手法の評価	25
2.4.1	AV 機器におけるユーザの操作戦略	25

2.4.2	操作戦略に基づく目的機能推定手法	28
2.4.3	操作戦略に基づく目的機能推定手法の評価結果	30
2.4.4	操作戦略に基づく目的機能推定手法の支援適用に関する考察	32
2.5	目的機能推定手法の関連研究	34
2.5.1	目的機能の推定・検索に関する研究	34
2.5.2	機能・情報の探索行動に関する研究	35
2.6	結言	37
第3章	目的機能推定インタフェースの評価	39
3.1	諸言	39
3.2	目的機能推定ヘルプシステムの構築	40
3.2.1	評価用ヘルプシステムの概要	40
3.2.2	階層型インタフェース	42
3.2.3	推定結果リスト型インタフェース	43
3.3	目的機能推定ヘルプシステムの評価実験	44
3.3.1	評価実験仕様	45
3.3.2	ヘルプボタン押下までの操作傾向	48
3.4	KLM 及び Hick-Hyman の法則を用いた有効性順位の検証	49
3.4.1	予測操作時間による有効推定順位評価	49
3.4.2	KLM を用いた有効性順位の検証	50
3.4.3	Hick-Hyman の法則を用いた有効性順位の検証	52
3.5	評価実験結果に基づく有効性推定順位の検証	53
3.5.1	階層型インタフェースの操作時間	53
3.5.2	推定結果リスト型インタフェースの操作時間	55
3.5.3	実操作時間に基づく有効推定順位	57
3.5.4	有効推定順位のヘルプシステム構築への利用	59
3.6	結言	60
第4章	ユーザの操作履歴を用いた機能スキーマ推定に基づくフレーム駆動型 インタラクション	61
4.1	諸言	61
4.2	機能スキーマに基づくインタラクション制御用フレームの設計	62
4.2.1	インタラクション・プリミティブに基づく機能スキーマの定義	62
4.2.2	評価対象機器における機能スキーマ抽出	67

4.2.3	フレーム駆動モデルによるインタラクション制御	68
4.3	機能スキーマの推定に基づくヘルプシステムのインタラクション制御	69
4.3.1	操作履歴を用いた機能スキーマとその要素の推定	69
4.3.2	インタラクションの制御方法	70
4.4	提案インタラクションの評価	72
4.4.1	評価システムの構築	72
4.4.2	評価用操作履歴データ	75
4.4.3	ユーザ操作負荷評価手法	76
4.4.4	操作履歴を用いない場合のヘルプシステムの比較評価結果	77
4.4.5	操作履歴を用いた場合のヘルプシステムの比較評価結果	78
4.5	提案インタラクション評価結果の詳細分析	79
4.6	結言	83
第5章	結論	85
	謝辞	89
	参考文献	91
	研究業績	99
	付録 A	101
	付録 B	104

図目次

1.1	Norman の概念モデル	2
1.2	Norman の 7 段階モデル	2
1.3	本研究におけるヘルプシステムの構成	11
2.1	ラベル追従戦略を用いた目的機能推定処理概略図	20
2.2	メニュー階層の一例	23
2.3	操作戦略に基づく目的機能推定処理のフローチャート	30
3.1	ヘルプシステムの構成	41
3.2	実験で利用した DVD 録画機のリモコン	42
3.3	階層型インタフェース画面の一例	43
3.4	推定結果リスト型インタフェース画面の一例	44
3.5	実験システムの構成	45
3.6	実験の流れ	46
3.7	ヘルプボタン押下までの操作時間	49
3.8	ヘルプボタン押下までの選択項目数	49
3.9	各推定順位における操作時間の予測値と実測値 （推定結果リスト型インタフェース）	55
3.10	各推定順位における操作時間の予測値と実測値の比率 （推定結果リスト型インタフェース）	56

4.1	インタラクション制御処理のフローチャート	71
4.2	提案ヘルプシステム画面の一例	72
4.3	比較用ヘルプシステム画面の一例	74

List of Figures

1.1	Conceptual models diagram from Norman.....	2
1.2	Seven stages of action from Norman	2
1.3	Configuration of help system in this study.....	11
2.1	Outline of the estimation process using label-following-strategy.	20
2.2	Example of menu hierarchy.....	23
2.3	Flow chart of proposed method processing using operation strategy.....	30
3.1	Help system configuration	41
3.2	DVD recorder remote control.....	42
3.3	Screen capture of hierarchal interface	43
3.4	Screen capture of target function estimating interface	44
3.5	Experiment system configuration	45
3.6	Experiment flow.....	46
3.7	Operation time and number of participants used help system.....	49
3.8	Number of different selected labels and number of participants used help system.....	49
3.9	Predictive time and measured time in each estimated rank. (estimating interface)	55
3.10	Ratio of predictive time and measured time in each estimated rank. (estimating interface).....	56

4.1	Flow chart of proposed interaction management processing	71
4.2	Screen capture of proposed help systems interface.....	72
4.3	Screen capture of conventional help systems interface.....	74

表目次

1.1	本研究と従来研究との比較	9
2.1	実験タスク	22
2.2	メニュー階層の一例	23
2.3	選択履歴データの一例（実験協力者 1, タスク 1）	25
2.4	選択履歴データの一例（実験協力者 4, タスク 4）	26
2.5	ユーザの操作戦略の違い	27
2.6	操作ごとのデータ数と平均推定順位	28
2.7	「機能－操作対象テーブル」の一例	28
2.8	「画面－操作対象テーブル」の一例	29
2.9	操作戦略に基づく目的推定手法の評価実験結果	31
2.10	推定順位と対象機能数との関係	32
2.11	本研究と従来研究との比較	36
3.1	マニュアル階層型の分類名及び対応機能数	42
3.2	実験タスク	47
3.3	予測値と実測値（階層型インタフェース）	54
3.4	機能選択の所要時間	57
4.1	インタラクション要素の役割の定義（文献 ^[47] から抜粋）	62
4.2	さまざまな機器の機能の分析から抽出された共通構造	66
4.3	DVD 録画機機能の機能スキーマ 1 への分類例	67

4.4	DVD 録画機機能の機能スキーマへの分類結果	68
4.5	マニュアル階層型の分類名及び対応機能数.....	75
4.6	ヘルプボタンが押下されたタスク	76
4.7	全機能に対する予測操作時間（操作履歴未使用）	78
4.8	全機能に対する予測操作時間（操作履歴使用）	79
4.9	推定できたタスクの予測操作時間.....	80
4.10	平均問い合わせ回数の減少率.....	81
A.1	目的機能推定に用いた DVD 録画機の機能	101
B.1	DVD 録画機の各機能のスキーマへの分類結果	104

List of Tables

1.1	Comparison of the proposed help system and the conventional help systems.	9
2.1	Tasks for the examination.	22
2.2	Example of selection sequence.(Operator1, Task1)	23
2.3	Result of examination for estimating target function using label-following strategy.....	25
2.4	Example of selection sequence. (Operator1, Task1)	26
2.5	Difference user's operation strategies.....	27
2.6	Number of execution tasks and average rank of target function for each operation strategy.	28
2.7	Example of 'function-operation object' table.....	28
2.8	Example of 'screen-operation object' table.....	29
2.9	Result of examination for estimating target function using operation strategy.	31
2.10	Relation between number of object functions and rank of estimated target function.....	32
2.11	Comparison of proposed method and conventional methods.	36
3.1	Classifications name and number of functions.	42
3.2	Tasks for examination.	47
3.3	Predictive time and measured time.(hierarchal interface)	54
3.4	Required time of the function selection.....	57

4.1	Definition of roles of interaction elements. (extracted from ^[47])	62
4.2	Common structures extracted from the analysis of a variety of device.	66
4.3	Example of classification of the DVD recorder functions by function schema 1...67	67
4.4	Classification of the DVD recorder functions by function schema.....	68
4.5	Classification of name and number of functions.	75
4.6	Tasks that help button was used.....	76
4.7	Predicted operation time for all functions.(without operation history data)	78
4.8	Predicted operation time for all functions.(with operation history data)	79
4.9	Predicted operation time for tasks that estimated function schema.	80
4.10	Rate of decrease in average inquiry number	81
A.1	Functions of the DVD recorder used in estimating target function.....	101
B.1	Classification of the DVD recorder functions by function schema.	104

第 1 章 序論

1.1 本研究の背景

従来，人間と機器のインタフェースに関する研究は，航空機のパイロット，原子力プラントのオペレータなどに代表されるプロのオペレータと，航空機やプラントをひとつのマンマシンシステムとして扱うものが主流であった．その一方で，機器の高機能化・多機能化した近年の日常利用する機器のインタフェースに対し，ユーザがシステムや機能に慣れるのではなく，人にとって使い易いインタフェースデザインを目指す研究が行われるようになった．このようなインタフェースデザインの立場はノーマンが「人間中心のインタフェースデザイン」を唱えたころから^[1]重要視されはじめた．

現在我々が日常で利用するいくつかの電子機器においては，ユーザに対して多くの機能が提供されるため，ユーザとインタラクションを行うインタラクティブシステムが一般的である．しかし，インタラクティブシステムにおいてシステムとスムーズなインタラクションを行えない場合，ユーザは目的の機能を実現することは難しい．ノーマンはシステム開発者とユーザ，それに実装されたシステムの間を図 1.1 のように 3 つの概念モデルを用いて説明した^[1]．この概念モデルにおいて，システム開発者が想定するデザインモデルと実装されたシステムのユーザに対する提示であるシステムイメージがユーザの想定するメンタルモデルと乖離するとき，ユーザはシステム開発者の想定通りに機器を操作できない．その結果，ユーザは目的の機能を実現できない．このメンタルモデルとは，本研究では「目の前にあるシステムに対してユーザが信じているもの」として扱う．例えば，システムに

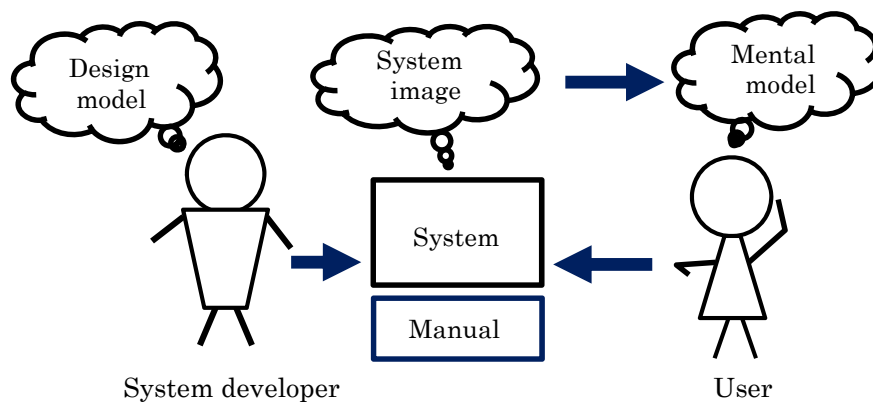


図 1.1 Normanの概念モデル
Fig. 1.1 Conceptual models diagram from Norman.

において機能を実現したいとき、ユーザはその機器に対する自分のメンタルモデルにより判断をして行う操作を決定する。メンタルモデルは、その人の知識や経験に依存するため、ユーザは1人1人自分自身のメンタルモデルを持っている。また、メンタルモデルは各ユーザの頭の中にあり、ユーザが変われば同じインタフェースに対しても異なったメンタルモデルが構築されることもある。

ノーマンはさらに、ユーザの目的達成のプロセスを分析し、「ユーザの目標」と「システムの物理状態」との隔たりに着目し、これを「淵」と呼び、認知的過程を近似的にモデル化した7段階モデルを提唱した²⁾。ユーザは目標を達成する動作を決定する際に図 1.2 に示すような「淵」を超える段階を踏むことになる。この「淵」が大きいシステム、またはユ

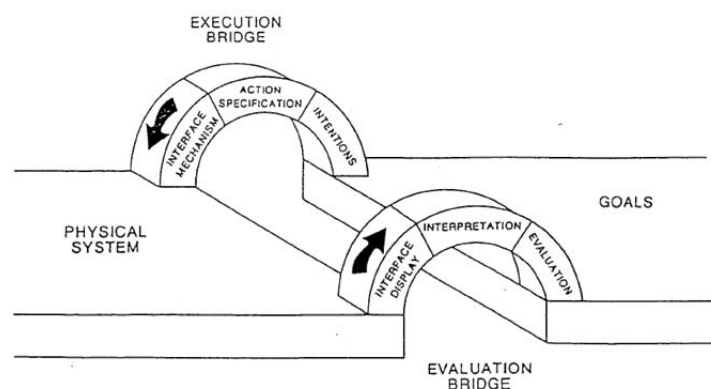


図 1.2 Normanの7段階モデル
Fig. 1.2 Seven stages of action from Norman.

ユーザが「淵」を超えることが困難なシステムはユーザにとって使い難いシステムとなってしまう。

システム開発者とユーザの想定するモデル，すなわちメンタルモデルに乖離が生じた場合，ユーザは自分が正しいと思う操作を行うが，目的の機能へ辿り着く事ができない．このような状況に陥ってしまった場合，ユーザは目的機能を実行するための正しい操作方法を知るために，マニュアル等で自ら調べるか，あるいはコールセンター等に問い合わせる必要がある．このように，目的機能に辿り着けない場合，ユーザは目的の機能が実行できないだけではなく，正しい操作手順を知るために時間と手間を有してしまう。

1.2 インタフェースの評価

システムはある程度仕様が決まった段階や試作が出来上がった段階でユーザにとって使い易いシステムであるか，そのインタフェースの評価が行われる．インタフェースの評価技法は大きく2つに大別できる．1つはインタフェースの設計・開発者や専門家のみで行う「専門家による評価技法」であり，もう1つはユーザにシステム（もしくはプロトタイプ）を使用してもらったデータを収集して分析する「ユーザによる評価技法」である。

専門家による評価技法の代表的なものとしてチェックリストによる評価とインスペクションによる評価がある．チェックリストによる評価は，インタフェースの仕様をインタフェースの設計原則に従っているかをチェックする手法である．設計原則は抽象的な設計指針を10前後の項目にまとめたものであり，代表的なものとしては，ノーマンの難しい作業を簡単なものにするための7つの原則^[1]，シュナイダーマンの対話設計における8つの黄金律^[2]などがある．一方のインスペクションによる評価は，複数の専門家が集まりインタフェースの使い方を想定して問題点を見つける技法である．インスペクションにはニールセンのヒューリスティック法^[3]とボルソンの認知的ウォークスルー法^[4]がある．これらの専門家による評価技法は，実際のシステムを用いる必要がないため，コストがかからず，設計段階で評価ができるというメリットはある．しかし，評価者にはインタフェースについての深い知識と経験が必要であり，初心者では問題の発見が困難であるという課題がある．また，専門家が徹底的に問題点を洗い出すため，必要以上に問題点を見つけ過ぎるという課題もある。

ユーザによる評価法では、ユーザテストのような実験的手法が用いられる。代表的なユーザテスト手法としては、ユーザがインタフェースを使用している場面を観察する観察法がある。さらに観察法の中でユーザの思考プロセスを正しく知る有効な手法として、考えたこと全て口に出すように指示する思考発話法がある。一般的な思考発話法がユーザの行動時の思考を明示化するために行われるのに対し、機器操作時のユーザの自然な発話からユーザとシステムの対話破綻 (communicative breakdown) とその種類を特定する手法がある^{[6][7]}。本手法での対話破綻の分類はユーザが操作時に意図していたもの (発語内行為) と操作の実際の状況への効果 (発語媒介行為) の一致の観点及び会話の状況に対するユーザの姿勢の観点から行われる。どのような対話破綻がどこで、どの程度発生するかを調べることによってシステムの問題点を特定する。

観察法以外のユーザテスト手法としては、回顧法やパフォーマンス測定法がある。回顧法は操作が終了してから質問に答えてもらうというテスト手法であるが、複雑な状況では回顧が難しいことやテスト時間を消費するという問題がある。パフォーマンス測定法は観察法や回顧法が形成的評価であるのに対し、定量的データ収集を目的とした評価手法である。パフォーマンス測定ではユーザビリティ 3 要素である「効果」「効率」「満足度」に係したデータを定量的に測定する。ここで 3 要素の定量化方法としては、例えば効果はタスク達成率、効率はタスク達成時間、満足度は主観評価で定量化する^[8]。

多くのシステムはこのようなインタフェースの評価を行うことでユーザにとって使いやすい機器の実現を図っている。しかしながら、先に述べたようにユーザのメンタルモデルは人によって様々であるため、目的機能への到達が困難なケースが生じてしまう。例えば、同様の機能を有する機器の乗換時やソフトウェアの移行時においては、ユーザのメンタルモデルはそれまで利用していた機器やソフトウェアのデザインモデルに影響されているため、デザインモデルが異なる新たな機器やソフトウェアを操作する際に誤操作が生じてしまう^{[9][10][11][12]}。また、メンタルモデルとして操作に関する知識に年齢層が影響を及ぼす可能性も示唆されている^[13]。従って、目的機能に到達できない場合は生じてしまうことがあると考え、目的機能に辿り着けないユーザを支援するためのヘルプシステムを実現するこ

とが有用であると考えられる。

1.3 従来のヘルプシステム

1.3.1 受動型ヘルプシステム

ヘルプシステムの典型的な形態の一つとして、ユーザが関連するキーワードを入力し、システムが対応する説明項目を表示するオンラインヘルプシステムがある。しかしながら、このようなキーワード検索型のヘルプシステムではユーザがどのキーワードを使えばよいかわからない場合がある等、特に初心者にとって必ずしも有効な支援となっていない^{[14][15]}。そこで、ユーザからの入力に対して単純な文字列一致のキーワード検索ではなく、単語の意味ベクトルを用いた連想検索技術を用いることで、自分の言葉による機能の検索が可能なシステムが提案されている^[16]。また、文章によるユーザからの入力に対し、対話的にヘルプ情報を提供するシステムもある^{[17][18]}。

しかし、これらのヘルプシステムでは、キーワードや文章を入力する際、キーボードのような文字入力装置を扱う必要がある。また、初心者がキーワード検索に適切な表現を知らないという課題もある。そこで、音声を入力手段とするヘルプシステムが提案されている^{[19][20]}。さらに、ユーザの発話における情報の不足分と認識・解釈誤りによる情報の欠損をユーザとのインタラクションによって補い、効率的に目的機能を検索する音声対話ヘルプシステムも提案されている^{[21][22]}。

ユーザがヘルプシステムに対して支援を求める際、ユーザは「目的を達成するために現在持っている知識では不十分であると感じている状態」であり、これは情報要求 (information need) という概念で説明される^[23]。情報要求に関して Taylor は 4 つの階層の存在を提案している^[24]。キーワード検索型のヘルプシステムを利用するユーザは Taylor の階層において、問題を具体的な言語表現で言語化できる「形式化された要求 (formalized need)」または、問題解決に必要な情報が同定できる「調整済みの要求 (compromised need)」という状態でなければならない。それ以前の状態ではユーザは要求を正しく言語化できていないので、キーワードの入力は難しい。音声入力の場合、正しく言語化されていない状態でも曖昧に入力できるが、多くの場合そのような入力はシステム想定外の発話であり、音声認識誤りの原因となってシステムの誤動作を引き起こしてしまう^{[25][26]}。

ユーザの情報要求が不明確で言語化できていない状態において、システムとのインタラクションを通じてユーザが情報要求を明確化し、検索結果を精緻化していく手法の 1 つに Scatter/Gather アルゴリズムがある^{[27][28][29]}。Scatter/Gather を用いたシステムでは検索結果を数個のクラスタに分割 ("Scatter") し、各クラスタの頻出単語と表題をユーザに提示し、興味のあるクラスタを選択させる。システムは選択されたクラスタを集積 ("Gather") し、再度クラスタリングを行いユーザに提示する。このプロセスを繰り返すことにより、情報要求が曖昧なユーザでも検索を始めることができ、最終的に目的の情報を得ることができる。Scatter/Gather をインタフェースとして用いた AV 機器ヘルプシステムの評価実験が行われており、ヘルプ対象機器に対して特定の機能に対するアクセシビリティの向上が確認されている^[42]。

キーワード検索型や Scatter/Gather を用いたヘルプシステムはユーザが自ら支援を求めた際にユーザ主導で情報の獲得を受動型ヘルプシステムである。従って、受動型ヘルプシステムでは、支援を求めるまでのシステムの操作とは関係なく、ヘルプシステムで一から目的機能を探すため、効率が悪い点が問題となる。

1.3.2 能動型ヘルプシステム

これに対し、ヘルプシステムがユーザの状況を認識し、必要な情報を自動的に提供する能動型ヘルプシステムが研究されている。能動型ヘルプシステムではユーザの操作からその意図や知識を推定し、必要な場合にはユーザの要求がなくとも適切な情報を提供行う。

能動型ヘルプシステムの歴史は古く、vi や Emacs といったコマンドベースのエディタを対象としたもの^{[14][30][31]}や、対話的アプリケーション一般を対象としたもの^{[32][33]}などがある。能動型ヘルプシステムでは、ユーザが直面している問題を知るために、ユーザがどのような機能をどのような操作で達成しようとしているかを知る作業認識が必要である^[34]。しかし、前述の能動型ヘルプシステムでは、事前に用意したデータベースとユーザの操作履歴とを比較することで作業認識を行っているため、ユーザの取り得る振る舞いが多岐にわたると作成すべきデータベースが膨大な量になってしまうという問題がある。また、これらのヘルプシステムは操作履歴からユーザの知識レベルを判断するためのデータベース（知識ベース）を有しており、ユーザに提示する情報を決定している。この知識ベースもシス

テム開発者が作成したものであり、作業認識時のデータベースの場合と同様に、多様なユーザに対応するためには多大な労力をかけて作成する必要がある。

あるシステムに対するユーザの振る舞いを再現することができるモデルをユーザモデルという。「モデル」には「典型」などの意味があり、ユーザモデルは「典型的利用者の表現」の意味で用いる。広義では嗜好なども含めたユーザプロファイルもユーザモデルと考えられるが、本研究においてはユーザのシステムに対する「振る舞い」を定義するものをユーザモデルと呼ぶ。このユーザモデルをシステム内に持つことにより、ユーザがシステムを操作する際の意思決定の過程で行う評価や選択をシステム上で推測・予測することが可能となる^[35]。前述のヘルプシステムにおける作業認識に用いるデータベース^[34]や乗換前の機器の操作方法と乗換後の機器の操作方法を対応させたテーブル^[36]もユーザの状態や意図を推定するためのユーザ振る舞いを記述したユーザモデルであるといえる。

ユーザモデリングの手法の1つとしてベイジアンネットワークを用いた手法がある。ベイジアンネットワークは統計学習によるモデル化や確率推論による推定可能であり、ユーザモデリングへの応用事例が多数報告されている^{[37][38]}。ベイジアンネットワークを用いたヘルプシステムへの応用として、大量の操作履歴からベイジアンネットにより構築したユーザモデルを用い、PCの操作履歴やソフトの実行可能な状態からユーザの次の操作や目的機能を推定するヘルプシステムが提案されている^[39]。また、テレビパソコンの操作時におけるユーザとヘルプエージェントの対話状態をベイジアンネットワークで構築した確率モデルにより予測することで適切なタイミングで支援するシステムも提案されている^[40]。しかしながら、ベイジアンネットモデルを用いる手法では、学習用に大量の操作履歴が必要だけでなく、適切に構築するにはエキスパートの経験や知識が必要である。

このように能動型ヘルプシステムでは、知識表現やユーザモデルの構築に労力が必要であるため、新しい製品が次々と開発されている現代において支援対象のシステムごとに構築することは難しい。また、能動型ヘルプシステムはユーザが支援を必要としないときに支援を行うため、ユーザが煩わしいと感じる場合が生じる点も課題の一つである。

1.4 本研究の目的

現在の生活において我々は様々な電子機器を日々利用している。平成22年3月の内閣府

による消費者動向調査^[41]によると、一般世帯において、デジタルテレビや携帯電話は 95%以上の普及率であり、パソコンや光ディスクプレイヤー・レコーダー、デジタルカメラなども 75%以上の普及率となっている。これらの電子機器は多くの機能を備えており、各ボタンに機能を割り当てることができないため、インタラクティブなインタフェースが用いられている。

インタラクティブシステムにおいて、システムとユーザとの間で利用されるインタラクションには主に「text」「form fill-in」「menu」「direct manipulation」の 4 つがある^[42]。text はコマンドを入力するタイプのインタラクションであり、最も古いインタラクションのスタイルであるが、現在も Linux/Unix で主な入力スタイルとして利用されている。このインタラクションでは効率の良い操作が可能であるが、コマンドを覚える必要があるためエキスパートユーザに適したインタラクションであるといえる。form fill-in は、「fill in the blanks」とも呼ばれるインタラクションでフォームに表示された 1 つまたは複数のフィールドをユーザが入力する。Web サイトの情報入力インタラクションなどで多く用いられており、エキスパートでなくても利用可能であるが、画面上で大きなスペースを必要とする。direct manipulation は GUI(graphical user interface)で利用されているインタラクションであり、ユーザはコンピューターを意識させることなく(透明化して)、仕事の世界を直接操作しているような感覚を提供するインタラクション手法である。画面上に表示されるオブジェクトを操作すると、ユーザのゴールを忠実に表現したオブジェクトが表示されるため、WYSIWYG (What You See Is What You Get)として知られている。menu は表示されたメニュー項目の中から自分の目的に最も近いメニュー項目を選ぶインタラクションであり、初心者でも利用可能である。

これら 4 つのインタラクションの中においてメニュー選択型のインタラクションは、多くの機器やソフトウェアのインタフェースとして利用されており、主要なインタラクションである^[43]。近年のスマートフォンやタブレットの普及によるタッチパネルを通じた direct manipulation (直接操作) が有力なモードとなるに至っても、メニュー選択型インタフェースが多機能な電子機器で提供される操作手段の重要な位置づけであることに変わ

りはない。実際、先ほど述べた、デジタルテレビやレコーダ、カメラなどにもメニュー選択型インタフェースは多く適用されている。

メニュー選択型インタフェースでは、ユーザは正しいメニュー項目を知らなくとも、自分が正しいと思うメニュー項目を選択することで、目的機能への到達を試みる。しかし、ユーザが正しいと想定するメニュー項目とシステム開発者が定義した同機能へ到達可能なメニュー項目が異なる場合には、目的の機能に辿り着くことが困難となる。

そこで、本研究ではメニュー選択型インタフェースを有する電子機器を利用するユーザが、目的機能に到達できず操作支援を求めた際に、それまでのインタラクション履歴からユーザの操作意図を推定することで、ユーザの目的機能の検索を支援するヘルプシステムの実現を目的とする。本研究で提案するヘルプシステムと従来のヘルプシステムとを「支援タイミング」「操作履歴」「ユーザモデル」の観点で比較した結果を表 1.1 に示す。多くの能動型ヘルプシステムでは、ユーザの操作履歴から、より効率の良い操作方法を提示することや^{[14][30][31]}、適切なタイミングでユーザの知識レベルに応じた情報を提示することに主眼を置いている^{[15][44]}。これに対し、本研究では、誤ったタイミングで支援されることがユーザにとって不快であると考え、支援タイミングは受動型ヘルプシステムと同様にユーザが支援を求めたときとし、目的機能の検索を容易にすることに主眼を置いた。また、従来の受動型ヘルプシステムでは、操作履歴が反映されていないのに対し、本研究では能動型ヘルプシステムと同様に操作履歴を利用してユーザの意図を推定することで、よりユーザ

表 1.1 本研究と従来研究との比較
Table 1.1 Comparison of the proposed help system and conventional help systems.

	Help timing	Operation history data	User model
Passive help system	User initiated	×	×
Proposed help system	User initiated	○	Similarity of word semantic distance
Active help system	System initiated	○	Knowledge base Probability model

が目的機能を探す際の負担を減らすことを目指す．従来の能動型ヘルプシステムではユーザの操作意図推定に，開発者が構築した大掛かりなデータベースや大量の操作履歴に基づく確率モデルが用いられるに対し，本研究では，メニュー選択型インタフェースにおけるユーザの選択行動を単語間の意味的な類似度によりモデル化する．具体的には，マニュアルに記述された機能説明文書に含まれる単語とユーザが目的機能の達成を目指して選択した選択肢に含まれる単語の意味的類似度からユーザの目的機能を推定する．本ユーザモデルはテキストコーパス（文書集合）から潜在意味解析（Latent Semantic Analysis）^{[45][46]}を利用して構築する．本モデルの構築には従来のモデル構築時に課題であったエキスパートの専門知識や大量の操作履歴を必要としない．

1.5 提案ヘルプシステムの全体構成

本研究におけるヘルプシステムのシステム構成図を図 1.3 に示す．提案するヘルプシステムは大きく「目的機能推定部」「インタフェース(IF)部」「インタラクション制御部」「機能スキーマ推定部」の 4 つの構成からなる．目的機能推定部はユーザが支援要求を行うまでの操作対象機器とのインタラクション結果である操作履歴を取り込み，目的機能を推定する．目的機能の推定手法としては，メニュー選択型インタフェースにおけるユーザの探索行動が目的機能に意味的類似度が最も近いメニュー項目を選択するというラベル追従戦略（Label Following Strategy）^{[48][49]}に基づくとした手法を提案する．ただし，AV機器を対象とする場合にはコンテンツに対して実行する機能が存在し，この機能を目的とする操作履歴にはラベル追従戦略に基づく手法のみでは推定精度が低下する場合がある．そこで，ユーザの操作戦略がラベル追従戦略か否かを判断し，異なる場合は操作対象のコンテンツを推定することで目的機能推定の精度向上を図る．本論文の第 2 章において，この目的機能の推定手法とその有効性評価について述べる．

目的機能推定部により推定された結果はインタフェース部を經由してユーザに伝えられる．本研究における目的機能の推定処理は 1 つの機能をユーザの目的機能として推定するのではなく，推定対象機能全てに対して推定順位付けを行う処理である．そこで，ヘルプシステムのインタフェースとしては，情報検索システムで用いられるような，推定順位が高い順番に一覧表示を行うインタフェースが考えられる．このような推定結果一覧型イン

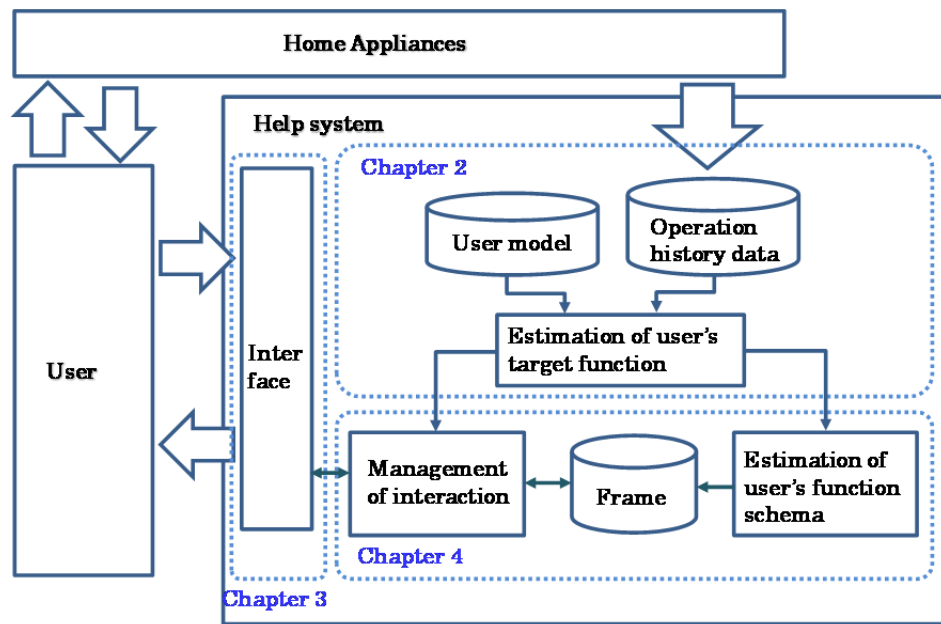


図 1.3 本研究におけるヘルプシステムの構成
Fig. 1.3 Configuration of help system in this study.

タフェースでは、正しく推定された場合は目的機能を探すユーザの操作負荷が非常に小さい一方で、推定精度が悪い場合はユーザの負荷を大きくしてしまう。そこで、推定結果一覧型インタフェースにおける有効推定順位について、ヘルプシステムを構築し、ユーザテストによる実験に基づき評価を行う。本論文の第 3 章において、この有効推定順位についての評価について述べる。

目的機能の推定結果を一覧表示するインタフェースでは、利用する操作履歴によってはユーザの目的機能探索時の操作負担が大きくなってしまふことがある。そこで、機能スキーマ推定部はヘルプボタン押下までの操作履歴を用いて直接目的機能を推定するのではなく、ユーザが操作時にどのような型に属する機能（本研究ではこの機能の型を機能スキーマと呼ぶ）を想定していたかを推定する。インタラクション制御部はこの機能スキーマの推定結果を用いて効率的に目的機能を絞り込むインタラクション制御を行う。ここで、機能スキーマの定義方法としては、Bækgaard らが提案した最小単位であるインタラクション・プリミティブ（interaction primitives）^[47] に基づいた電子機器の共通構造^[51]を用い、フレーム及びその要素で表現する。また、インタラクション制御部は、この機能スキーマを表現したフレームを用いて知識駆動モデルの一つであるフレーム駆動型対話制御^[50]に基

づくインタラクション制御を行う．このように，本研究で提案したヘルプシステムは，電子機器の共通構造やフレーム駆動型制御を用いているため，インタラクション設計における機器や開発者の依存性を減らすことが可能であり，ヘルプシステム開発のシステム開発効率の向上が期待できる．

1.6 本論文の構成

本論文は全 5 章からなり，各章の内容は下記の通りである．

第 1 章では，序論として，本論文の研究の背景と目的及び関連する技術について述べる．

第 2 章では，目的機能の実行に正しいと想定してユーザが選択したメニュー項目の選択履歴から目的機能を推定する手法について提案し，その有効性を検証した結果について述べる．まず，メニュー選択型インタフェースにおけるユーザの探索行動が目的機能に意味的類似度が最も近いメニュー項目を選択するというラベル追従戦略（Label Following Strategy）^{[48] [49]} に基づくとして構築したユーザモデルを用いた目的推定手法を提案する．次に，提案手法の評価実験を行い，その結果の考察から AV 機器の操作においてはラベル追従戦略以外の操作戦略が存在することを示す．最後に，操作戦略に基づく目的推定手法を提案し，ラベル追従戦略のみを用いた手法に対する有効性検証結果について述べる．

第 3 章では，ユーザの目的機能を推定することで機能探索の支援を行うヘルプシステムが従来の目的推定を行わないヘルプシステムに対してユーザの負担を軽減する推定精度について明らかにする．まず，有効な推定精度を評価するために構築した目的推定結果をリスト表示するインタフェースと目的推定を行わない階層型インタフェースを有する 2 つのヘルプシステムの概要について述べる．次に，構築したヘルプシステムを用いて行った 16 人の実験協力者による評価実験とその結果について述べる．最後に両インタフェースにおける各機能への到達操作時間を予測し，その比較を行なうことで有効な推定精度について分析した結果について述べる．

第 4 章では，ヘルプボタン押下までの操作履歴を用いて直接目的機能を推定するのではなく，ユーザが操作時に，どのような機能スキーマ型を想定していたかを推定した結果を用いて目的機能を絞り込むインタラクション制御手法について提案し，その有効性について検証した結果について述べる．まず，対象機器の機能スキーマをインタラクション・プ

リミティブ^[47]に基づいた電子機器機能の共通構造^[51]によって定義し、各機能の機能スキーマ及び機能スキーマを構成する要素を、それぞれフレーム及びスロットで表現する方法について述べる。次に、インタラクション制御として知識駆動モデルの一つであるフレームによる対話制御^[50]を用い、操作履歴からユーザの想定した機能スキーマやその要素情報を推定する手法について述べる。最後に、評価用に構築した提案システムと従来システムにおける目的機能到達までの予測到達時間を比較する評価実験により提案手法の有効性について検証した結果について述べる。

第 5 章において結論として本論文のまとめを行い、今後の課題及び展望を述べる。

第 2 章 ユーザの選択履歴に基づく目的機能の推定

2.1 諸言

近年、デジタル技術の進歩に伴い、AV 機器の普及が進展している。これらの AV 機器では、ユーザに対して新たな機能やサービスが提供されているが、それらの機能やサービスを使いこなすことは難しい^[1]。この原因の一つに、システム設計者と実際に使うユーザとの操作デザインに対する乖離がある。例えば、メニュー項目を選択していくことで目的の機能に辿り着くメニュー選択型インタフェースを持つ AV 機器においては、ユーザは正しいメニュー項目を知らなくとも、自分が正しいと思うメニュー項目を選択することで、目的機能への到達を試みる。しかし、ユーザが正しいと想定するメニュー項目とシステム開発者が定義した同機能へ到達可能なメニュー項目が異なる場合には、目的の機能に辿り着くことが困難となる。ユーザがこのような状況に陥り、システムに操作支援を要求した際に、それまでユーザが正しいと想定して選択したメニュー項目の選択履歴（以後単に選択履歴と記述）を用いてユーザの目的機能を正しく推定できれば、ユーザを目的機能に正しく導くことが可能となる。

選択履歴からユーザの目的機能を推定するためには、メニュー選択時のユーザの探索行動をモデル化する必要がある。メニュー選択型インタフェースにより目的機能を探索する場合、ユーザは提示されたメニュー項目の中から目的機能に到達するのに最も適切と考え

るメニュー項目を選択する。これは、目的機能に意味的類似度が最も近いメニュー項目を選択するラベル追従戦略(Label Following Strategy) ^{[48][49]}に基づいた探索行動であるといえる。

本章では、まず選択履歴からユーザの目的機能を推定する手法として、テキストコーパスを用いて単語間の意味的類似度が計算可能なベクトル空間を構築し、ユーザの選択履歴に含まれる単語集合と目的機能推定対象となる各機能を説明する文書に含まれる単語集合の意味的類似度を計算する手法を提案する。次に、AV 機器のコンテンツに関する機能を実行する際に、機能の選択とコンテンツの選択の順序関係に基づいて機能選択主導型とコンテンツ選択主導型という 2 つの操作戦略が存在することに着目し、ラベル追従戦略のみによる推定手法において両操作戦略の違いが目的機能推定の精度に影響することを確認する。最後に、選択履歴と機器の画面情報から判断したユーザの操作戦略に基づいて目的機能推定処理を行う手法を提案し、6 名の実験協力者に録画機器の 8 機能を達成するタスクを課して収集した選択履歴データに対して従来手法と提案手法を用いて目的機能の推定を行い、提案手法の有効性について検証する。

2.2 ラベル追従戦略に基づく目的機能推定手法

2.2.1 ラベル追従戦略

ユーザが目的の機能を実行するためにインタフェース上の操作対象オブジェクトを選択する際、ラベル追従戦略 ^[49]と呼ばれるストラテジー（戦略）を利用する傾向がある。これは、ユーザが操作対象オブジェクトを選択する際、目的機能との合致度を評価し、最も合致度が高いオブジェクトを選択するという戦略である。ここで目的機能とオブジェクトの合致度は、オブジェクトがメニューの選択項目のように単語を含む場合は単語間の意味的類似度を基に評価し、オブジェクトがアイコンのように単語を含まない場合にはそのオブジェクトに関する知識を基に合致度を評価する。メニュー選択を行うことで「グラフを作成する」というタスクを実行する評価実験において、90%の実験協力者がラベル追従ストラテジーに従ったという評価実験も報告されている ^[48]。

このような単語の意味的類似度を基にしたメニュー選択行動は、慣れた機能に対して行う習慣化された操作ではなく、初めて使う機能や滅多に使わない機能に対して行う探索的

な操作においてより多く行われると考えられる。ユーザが目的機能に辿り着けない際の選択行動も探索行動であり、ユーザは目的の機能に意味的に近い単語を含む選択肢を選択すると仮定すると、その選択履歴に含まれる単語の意味的類似度を用いてユーザの目的が推定できると考えられる。

2.2.2 目的機能推定手法の定式化

機能数 n の機器を操作するユーザがある操作列 $\mathbf{O} = (O_1, O_2, O_3, \dots, O_j)$ を行ったとき、ユーザの目的の機能が $F_i (i=1, 2, \dots, n)$ である確率は $P(F_i | \mathbf{O})$ と記述できる。しかし、この確率を直接求めることは容易でないので、ベイズの定理により下記のように分解する。

$$P(F_i | \mathbf{O}) = \frac{P(\mathbf{O} | F_i) \cdot P(F_i)}{P(\mathbf{O})} \quad \dots \quad (2.1)$$

目的機能推定とは、機能集合 $\{F\}$ の各要素 $F_i (i=1, 2, \dots, n)$ における操作列 \mathbf{O} に対する事後確率 $P(F_i | \mathbf{O})$ が最大となる機能 \hat{F} を決定する問題として下記のように定式化される。

$$\hat{F} = \operatorname{argmax}_{F_i} P(F_i | \mathbf{O}) = \operatorname{argmax}_{F_i} \frac{P(\mathbf{O} | F_i) \cdot P(F_i)}{P(\mathbf{O})} \quad \dots \quad (2.2)$$

ここで、 $P(F_i)$ は機能 F_i が実行される確率であり、利用ユーザや利用状況などによって異なる。 $P(\mathbf{O})$ は操作列 \mathbf{O} が行われる確率であり \hat{F} の決定に影響しないので無視すると、式(2.2)は下記のように表せる。

$$\hat{F} = \operatorname{argmax}_{F_i} P(F_i) \cdot P(\mathbf{O} | F_i) \quad \dots \quad (2.3)$$

$P(\mathbf{O} | F_i)$ は、機能 F_i を目的としたときに操作列 \mathbf{O} が行われる確率である。本研究では、この確率を全ての機能に対する全ての操作列を大量に収集する代わりに、ユーザがラベル追従戦略を基にした選択行動をとると仮定した表現に変更する。すなわち本研究では、目的機能 \hat{F} の推定は、以下のように表現する。

$$\hat{F} \approx \operatorname{argmax}_{F_i} P(F_i) \cdot \operatorname{Sim}(\mathbf{O} | F_i) \quad \dots \quad (2.4)$$

ここで $\operatorname{Sim}(A | B)$ は、ラベル追従戦略を基にした行動における目的の機能 B に対する操作列 A の意味的類似度を表し、本研究では、潜在意味解析 (LSA; Latent Semantic Analysis) [45][46] を用いて定量化する。LSA は多量のテキストコーパスにおける単語の共起関

係に対して特異値分解を行い空間の次元を大幅に圧縮することで、単語の意味を意味空間上のベクトルとして表現する手法である。LSA では圧縮された空間を利用することで単語間の意味的類似性を表現することができるため、これまでに LSA を用いた意味的類似度はユーザの探索行動のモデル化^[49]やウェブユーザビリティの評価^[52]などに利用されている。

式(2.4)において、意味的類似度を LSA の k 次元の意味空間上で作成されたベクトルの余弦尺度 $\cos(\cdot, \cdot)$ により表現すると、推定される目的の機能 \hat{F} は下記の式により計算される。

$$\hat{F} \approx \arg \max_{F_i} P(F_i) \cdot \cos(O^{(k)}, F_i^{(k)}) \quad \dots(2.5)$$

ここで、 $O^{(k)}$ は操作列 O に含まれる単語を基にして作成したベクトル O を、 $F_i^{(k)}$ は機能 F_i を言語表現した際の単語を基にして作成したベクトル F_i を k 次元に圧縮した LSA 意味空間上のベクトルとして表現したものである。

2.2.3 目的機能推定手法の処理

目的機能推定の処理の概略図を図 2.1 に示す。目的機能推定の処理は目的機能の推定を行うための事前処理と、ユーザからの入力に対して目的機能を推定する目的機能推定処理の 2 つの処理からなる。事前処理はテキストコーパスを用いた LSA 意味空間と、推定対象である各機能について LSA 意味空間上のベクトルを作成する処理である。目的機能推定処理はユーザからの入力に対応した LSA 意味空間上のベクトルを作成し目的の機能を推定する処理である。以下に各処理について詳細に記述する。

事前処理

- (1) LSA 意味空間の作成に用いるテキストコーパスを形態素解析し、各文章に出現する単語頻度情報を要素とした単語・文書行列 D を作成する。
- (2) (1) で作成した行列に対して特異値分解を行い、 k 次元に圧縮して LSA 意味空間 U_k を作成する。
- (3) マニュアルのテキスト情報に対して形態素解析を行い、各機能の説明に含まれる単語を抽出する。抽出した単語の頻度情報を計算し、それを要素とした機能表現キーワードベクトル $F_i (i=1,2,3,\dots,n)$ を作成する。
- (4) (3) で作成した機能表現キーワードベクトルを (2) で作成した LSA 意味空間

で射影することで、機能表現意味ベクトル $F_i^{(k)}(i=1,2,3,\dots,n)$ を作成する.

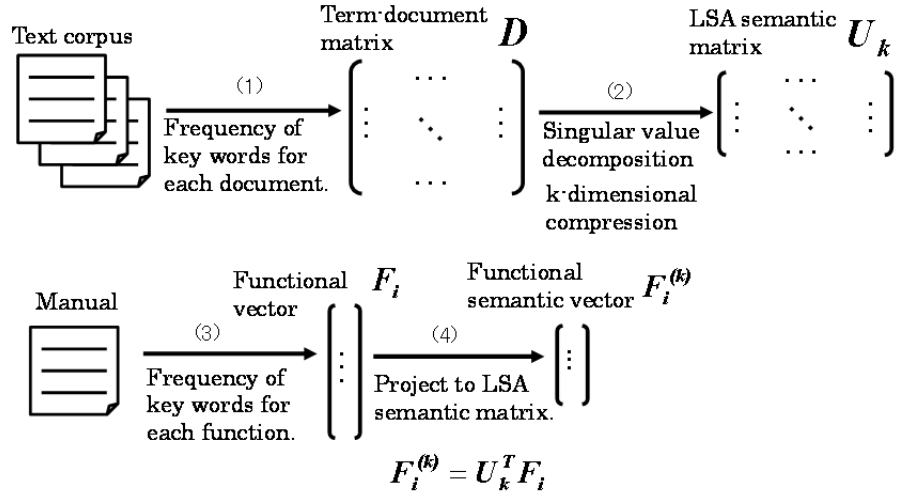
目的機能推定処理

(5) 目的機能推定が必要なタイミングで、ユーザがそれまでに選択した選択項目に対して形態素解析を行い、出現単語の頻度情報を要素とした機器操作キーワードベクトル O を作成する.

(6) (5) で作成した機器操作キーワードベクトルを (2) で作成した LSA 意味空間で射影し、機器操作意味ベクトル $O^{(k)}$ を作成する.

(7) (6) で作成した機器操作意味ベクトル $O^{(k)}$ と (4) で作成した各機能表現意味ベクトル $F_i^{(k)}(i=1,2,3,\dots,n)$ との類似度を余弦距離によって計算し、類似度が高い機能をユーザの目的機能であると推定する.

Preliminary processing



Target estimation processing

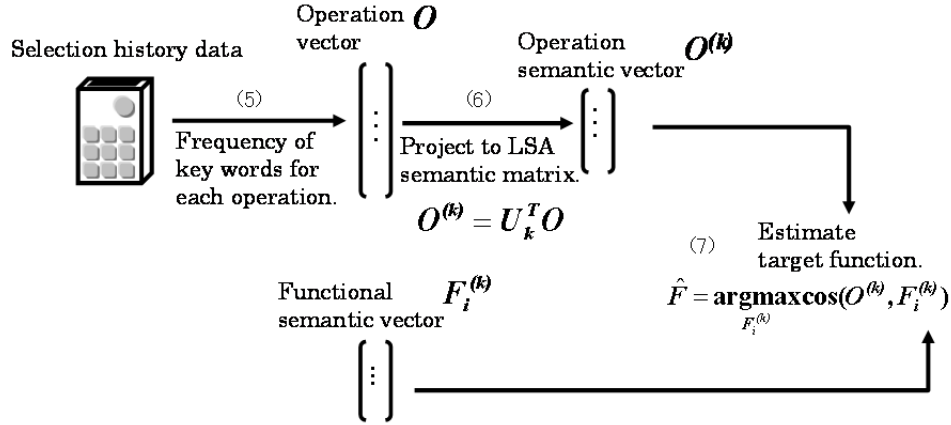


図 2.1 ラベル追従戦略を用いた目的機能推定処理概略図

Fig. 2.1 Outline of the estimation process using label-following-strategy.

2.3 ラベル追従戦略に基づく目的機能推定手法の評価

前章で述べた目的機能推定手法の有効性を検証するため、DVD 録画機を対象として評価実験を行った。DVD 録画機はメニュー選択型インタフェースを持つ多機能な AV 機器として、デジタル放送への対応、ハードディスクや DVD 等記憶媒体の多重化、さらには、録画方式の多様化に伴い多機能化が進んでいる機器である。

2.3.1 LSA 意味空間の構築

目的機能推定で利用する単語間の意味的類似度を計算可能とするため、評価対象機器の取扱説明書を用いて LSA 意味空間の構築を行った。まず、取扱説明書の目次に表示されて

いるレベルの機能を中心とした 100 機能を抽出した（付録 A）．次に各機能について，取扱説明書における目次の分類名と機能タイトル，機能説明を併せたものを機能表現文書とした文書集合に対して日本語形態素解析システム茶筌(chasen-2.4.2-1-ipadic-sjis-2.7.0)^[53]を適用し，名詞及び動詞を中心とした 368 単語を抽出した．抽出した単語の各文書における出現頻度情報（TF-IDF 値^[9]）を用いて単語×文書行列を作成した．作成した単語×文書行列に対して特異値分解を行い，80 次元まで次元圧縮することで，目的機能推定で用いる LSA 意味空間の構築を行った．このように，本研究では LSA 意味空間を操作対象の取扱説明書に記述される文書を用いて構築した．これは，取扱説明書は初心者向けの記述がなされており，初心者の単語間の意味関係が表現可能であると考えたためである．

2.3.2 評価用選択履歴データの収集実験

評価対象機器に対する選択履歴データを収集するための実験を行った．実験では，対象機器の利用経験が無い 20 代から 40 代の女性 6 人の実験協力者に対して前述の 100 機能の中の 8 つの機能に対応する 8 タスクを課し，各実験協力者の選択履歴データを収集した．表 2.1 に各タスクの実行の際に実験協力者に提示したタスク指示文を示す．実験で評価タスクとした機能は録画機器の 100 機能の中で達成に至るメニュー項目の重複が少なく，誰もが容易に到達可能と考えられるタスクを省くようにして決定した．また，選択履歴データ取得の終了条件としては，下記の 3 つの状態のいずれかになったときとした．

- ・実験協力者がタスクを達成したと判断した．（終了条件 1）
- ・実験協力者がタスク達成を諦めた．（終了条件 2）
- ・一定以上の時間が経過し説明員がタスク達成の見込みがないと判断した．（終了条件 3）

実験の結果，6 人に対して 8 タスクを用意したが，実験時間の都合により全ての実験協力者が 8 タスクを実行できず，各タスクの実行により収集できた選択履歴データの数 は 43 データであった．なお，収集した 43 データのうち，上記終了条件 1 で終了した達成タスクの選択履歴データ数は 28 であり，上記終了条件 2 または終了条件 3 で終了した未達成タスクの選択履歴データ数は 15 であった．選択履歴データの一例として，表 2.2 に実験協力者 1 がタスク 1 を実施した際の選択履歴の一部と，対応するメニュー階層の変化及び試行数を示す．ここで，試行数とは，メニュー階層を下っていくがその先に目的の機能が無いとユ

表 2.1 実験タスク
Table 2.1 Tasks for the examination.

No	Tasks
1	Program to record from 7:03 p.m. to 8:05 p.m. today.
2	Program to record a show in which XX appears.
3	Change the channel to the BS channel 'NHK High Vision'.
4	Copy the program 'XX' recorded in the hard disk to a DVD.
5	Delete the program 'OO' recorded in the hard disk.
6	Subtitles can be displayed for digital terrestrial broadcasting and BS digital broadcasting. Currently, Japanese subtitles are set to be displayed. Set so that English subtitles are displayed.
7	The audio of DVD is set in Japanese. Change the audio to English and the subtitles to Japanese.
8	The clock of the DVD recorder is off. Set the correct time.

ユーザが判断して、上位の階層に戻って探索をやり直した回数を示す。例えば、表 2.2 に示す選択履歴では、図 2.2 に示すようなメニュー階層の中をユーザが目的機能を探しており、その先に目的機能が無いと判断した場合、0 階層と定義したリモコン上のボタンの一つである「機能選択」ボタンを押すことで、ユーザはメニュー階層に戻って再探索していることがわかる。このように再探索をしたタイミングで試行数が加算される。

表 2.2 選択履歴データの一例(実験協力者1,タスク1)
Table 2.2 Example of selection sequence.(Operater1, Task1)

Sequence	Selection history	Change in menu hierarchy	Number of trials
1	機能選択	0 → 1	1
2	番組表から予約	1 → 2	
3	機能選択	2 → 1	2
4	ぴったり録画	1 → 2	
5	録画時間設定	2 → 3	
6	機能選択	2 → 1	3
7	番組表の検索	1 → 2	

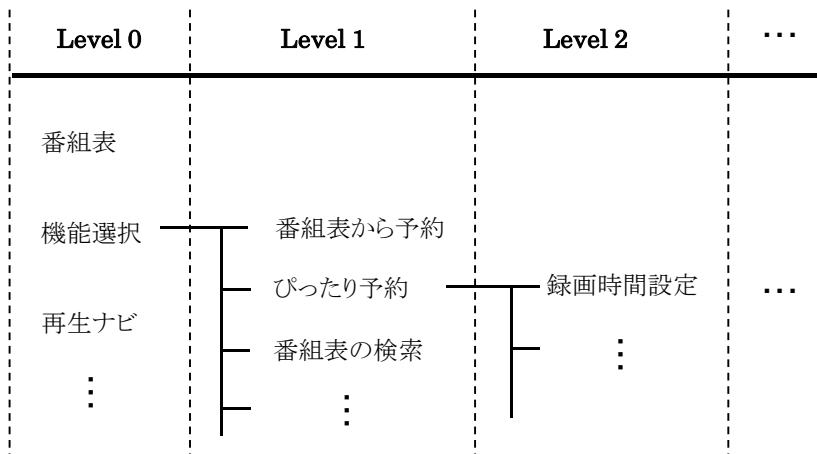


図 2.2 メニュー階層の一例
Fig. 2.2 Example of menu hierarchy.

2.3.3 ラベル追従戦略に基づく目的機能推定手法の評価

収集した選択履歴データに対し、取扱説明書を用いて作成した LSA 意味空間を利用した目的機能推定手法の精度を評価した。目的機能推定においては、LSA 意味空間上で表現された選択履歴と各推定対象機能との類似度を計算するが、どこまでの選択履歴を用いて目的機能を推定するかを決める必要がある。実際の利用状況としては、ユーザが操作支援を必要とし、支援を要求したタイミングでそれまでの選択履歴を用いて目的機能推定を行うが、選択履歴収集実験では操作支援が必要なタイミングを収集していない。また、選択履歴から目的機能を推定するため、選択履歴においてメニュー選択項目の種類が少なすぎると目的機能推定精度が悪くなる。そこで、選択履歴データのうち、達成タスクの選択履歴データにおける平均試行回数が 2.7 回であったことから、3 回の試行で機能を見付けられなかった場合に支援が必要だと仮定し、3 回以上の試行を有した 19 の選択履歴データ（達成タスク 9 データ・未達成タスク 10 データ）を目的機能推定手法の精度評価に利用した。目的機能推定では、それまでに入力された選択項目に含まれる単語から LSA 意味空間を用いて作成した意味ベクトルと、機能表現から同様に作成した意味ベクトルとの類似度を計算した。この計算をユーザの入力を受け付ける度に行い、類似度の高い順に機能を並べた結果を目的機能推定結果として、3 試行終了時点における全 100 機能に対する正解機能の順位を評価した。

表 2.3 に評価結果を示す。表内の数字が正解機能の推定順位であり、例えば、実験協力者 1 がタスク 1 を行った選択履歴（3 試行時点）に対して目的機能を推定した結果、正解機能の推定順位が 3 位であったことを示している。評価実験の結果、正解機能の平均推定順位は 15.7 位であり、推定結果の上位 10 位及び 20 位以内に正解機能が含まれている割合はそれぞれ 52.6%と 73.7%であった。なお、タスク 8 に関しては全てのユーザが 3 試行以内に到達したため表 2.3 には表示されていない。

表 2.3 目的推定評価実験結果(3試行時点)
Table 2.3 Result of examination for estimating target
function using label-following strategy.

	Task1	Task2	Task3	Task4	Task5	Task6	Task7
Operator 1	3		37			8	
Operator 2				10		17	12
Operator 3		8	1			38	12
Operator 4	6		12	40			
Operator 5		48	1		30	9	12
Operator 6	5						

2.4 ユーザの操作戦略に基づく目的機能推定手法の評価

2.4.1 AV 機器におけるユーザの操作戦略

DVD 録画機に代表される, AV 機器の操作においては, 所定のコンテンツに対して所定の機能を適用する場合が多い. そのため, コンテンツ選択と機能選択の順序関係で, ユーザの AV 機器における操作戦略を 2 つに分類した. 1 つは, 先に機能を選択し, 次にその機能を適用するコンテンツを選択する戦略 (機能選択主導型) であり, もう 1 つは, 逆に先にコンテンツを選択し, 次にそのコンテンツに対する機能を選択する戦略である (コンテンツ選択主導型).

例えば, 録画番組をダビングする場合, 機能選択主導型の操作では, ダビング機能を選択した後にダビングする録画番組の選択操作を行う. 一方, コンテンツ選択主導型の操作では, ダビングする録画番組を選択した後にダビング機能を選択する. 表 2.2 の選択履歴では, 実験協力者はコンテンツを選ぶ操作を行っておらず, 「録画」に関する機能を探しているため, 機能選択主導型の操作戦略を持っているといえる. 表 2.4 に別の選択履歴の一例を示す. ここで, 表 2.4 中にある「サブメニュー」は評価対象機器のリモコン上にあるボタンであり, 表示されている画面や選択されたコンテンツに対して利用可能な一部の機能に到達するためのメニュー項目を表示するためのボタンである. 表 2.4 の選択履歴ではこの「サブメニュー」ボタンが「再生ナビ」というメニュー項目を選択することで表示される録画

表 2.4 選択履歴データの一例(実験協力者4,タスク4)
Table 2.4 Example of selection sequence.(Operator4, Task4)

Sequence	Selection history	Sequence	Selection history
1	再生ナビ	7	一時停止
2	サブメニュー	8	サブメニュー
3	決定(番組の選択)	9	他の画像一覧へ
4	機能選択	10	サブメニュー
5	機能選択	11	サブメニュー
6	再生ナビ		

コンテンツの一覧画面上で押されている。このことより、この実験協力者は「再生ナビ」で表示された録画コンテンツに対して何らかの機能を行いたいコンテンツ選択主導型の戦略を持ったユーザであるといえる。

このような操作戦略の違いは、ラベル追従戦略に基づく目的機能推定手法の精度に影響を及ぼす。機能選択主導型の操作戦略を持つユーザは、まず、目的の機能を探してメニュー項目の選択を行うので、目的機能に到達できない状態に陥った際の選択履歴には目的の機能に関係する単語が多く含まれる。この際の機能を探す選択行動は、目的機能に最も近い単語が含まれるメニュー項目を選択するという探索行動である。従って、機能選択主導型の操作戦略を持ったユーザの選択履歴に対してラベル追従戦略に基づく目的機能推定手法は有効であるといえる。一方、コンテンツ選択主導型の操作戦略を持つユーザは、まずコンテンツの選択を行い、次にコンテンツに対して「サブメニュー」ボタンなどを選択して目的機能を探す。適切なメニュー項目が見つからず目的機能に到達できない状態に陥る。この場合、選択履歴にはコンテンツに到達するためのメニュー項目が多く、機能に関係する単語があまり含まれない。また、コンテンツ選択主導型ではまずコンテンツの選択を行うため、ユーザの選択行動は目的機能に最も近い単語を含む選択項目を選ぶというラベル追従戦略ではない。これらのことから、コンテンツ選択主導型の操作戦略を持つユーザの選択履歴に対して、ラベル追従戦略に基づく目的機能推定手法により目的機能を推定

することは困難であると考えられる．操作戦略の違いによる目的機能推定精度の影響を確認するため，目的機能推定手法の評価実験で利用した選択履歴データを機能選択主導型とコンテンツ選択主導型に分けた．その結果を表 2.5 に示す．表中 C と表示されているのはコンテンツ主導型の操作戦略と判断した操作履歴データであり，表中 F と表示されているのは機能選択主導型の操作戦略と判断した操作履歴データである．なおカッコ内は表 2.3 に表示した目的機能の推定順位である．ここで，選択履歴がコンテンツ選択主導型か否かについては，本来実験協力者に対するインタビューにより判断するのが正確であるが，自動判定を可能にするため，上述の「サブメニュー」ボタンが選択履歴に存在するか否かで判断した．表 2.5 より，同一タスクでも実験協力者によって異なる戦略をとる場合があることや，同一実験協力者でもタスクによって異なる戦略を用いていることがわかる．それぞれの操作戦略の選択履歴データ数及び正解機能の平均推定順位を表 2.6 に示す．表 2.6 より，コンテンツ選択主導型の選択履歴データを用いた推定結果は機能選択主導型の選択履歴データを用いた推定結果に比べ推定精度が低いことがわかる．このように，全ての選択履歴データ対してラベル追従戦略に基づく手法を用いて目的機能を推定した場合，ユーザの操作戦略の影響を受けて推定精度が低下する傾向があることがわかった．ユーザの操作戦略に影響を受けず安定して精度の高い推定結果を得るためには，ユーザの操作戦略を判定し，判定された操作戦略に適した処理を行う目的機能推定手法が必要である．

表 2.5 ユーザの操作戦略の違い
Table 2.5 Difference of user's operation strategies.

	Task1	Task2	Task3	Task4	Task5	Task6	Task7
Operator 1	F (3)		C (37)			C (8)	
Operator 2				F (10)		C (17)	C (12)
Operator 3		F (8)	F (1)			C (38)	C (12)
Operator 4	C (6)		F (12)	C (40)			
Operator 5		C (48)	F (1)		F (30)	F (9)	F (12)
Operator 6	F (5)						

表 2.6 操作戦略ごとのデータ数と平均推定順位
Table 2.6 Number of execution tasks and average rank
of target function for each operation strategy.

	Number of data	Average rank of target function
Function oriented strategy	10	8.1
Content oriented strategy	9	24.2

2.4.2 操作戦略に基づく目的機能推定手法

操作戦略に基づいた目的機能推定手法として、コンテンツ選択主導型の操作戦略か否かを判定し、その結果に応じて推定処理を変更する目的機能推定手法を提案する。

操作戦略に基づく目的機能推定手法では事前に 2 つのテーブルを作成する。1 つめのテーブルは、目的機能推定の対象となる各機能の操作対象は何であるかという情報を記述したテーブル（以後「機能－操作対象テーブル」と記述）であり、その具体例を表 2.7 に示す。表 2.7 に示すように、このテーブルでは機能とその機能で扱う操作対象との関連付けが行われており、例えば、「テレビ番組を選局する」という機能は「放送中の番組」が操作対象である。また、操作対象の種類としては、「録画された番組」「音楽ファイル」といったコン

表 2.7 「機能－操作対象テーブル」の一例
Table 2.7 Example of 'function-operation object' table.

Function	Operation object
Select a TV program.	On air Programs
View a program being record form the beginning.	Recorded programs
Start the programmed recording using the search function on the program listing.	On air Programs. Programs broadcast later
Show an image.	Saved images
Set the time of the clock.	DVD recorder
Lock/unlock erroneous deletion protection.	Disk
:	.

表 2.8 「画面－操作対象テーブル」の一例
Table 2.8 Example of 'screen-operation object' table.

Screen	Operation object
Top	Program on air.
Playback navigation	Recorded program.
Program listing	Program on air. Program broadcast later .
⋮	⋮

コンテンツの種類や「DVDレコーダ本体」などがある。もう 1 つのテーブルは、操作時に表示される各画面で扱う操作対象は何であるかという情報を記述したテーブル（以後「画面－操作対象テーブル」と記述）であり、その具体例を表 2.8 に示す。表 2.8 に示すように、このテーブルでは画面名とその画面で扱う操作対象との関連付けが行われている。例えば表 2.8 の「再生ナビ」は録画機器に蓄積されている録画番組の一覧を表示する画面の名称であり、この画面で操作可能な操作対象は「録画された番組」となる。

操作戦略に基づく目的機能推定の処理について図 2.3 に示すフローチャートを用いて説明する。まず、入力された選択履歴が「サブメニュー」ボタンか否かを判定する。「サブメニュー」ボタンが選択されていない場合は、それまで入力された選択履歴を用いてラベル追従戦略に基づく目的機能推定処理を行う。一方、「サブメニュー」ボタンが選択された場合はまず、画面情報を取得し、「画面－操作対象テーブル」からユーザの操作対象が何であるかを推定する。次に、推定した操作対象を扱う機能を「機能－操作対象テーブル」から抽出し、記憶する。そして目的機能推定の対象とする機能を操作対象に基づいて抽出された機能に限定して、これまでに入力された選択履歴を用いたラベル追従戦略に基づく目的機能推定処理を行う。このような処理を行うことで、コンテンツ選択主導型の操作戦略である選択履歴データに対して目的機能推定を行う際の推定対象機能数を絞り込むことが可能となり推定精度が向上すると考えられる。

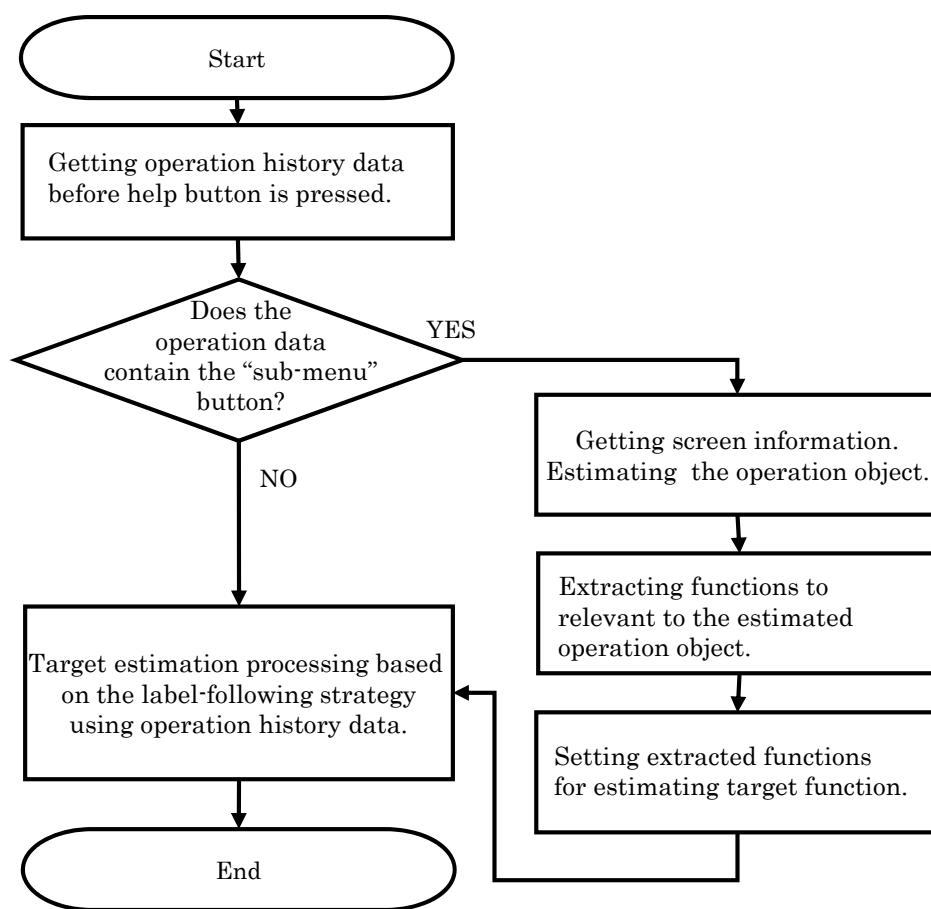


図 2.3 操作戦略に基づく目的機能推定処理のフローチャート
Fig. 2.3 Flow chart of proposed method processing using operation strategy.

2.4.3 操作戦略に基づく目的機能推定手法の評価結果

先に述べたラベル追従戦略に基づく目的機能推定手法を評価した選択履歴データに対して操作戦略に基づく目的機能推定手法を適用し、目的機能推定精度の評価を行った。その評価結果を表 2.9 に示す。表内の数字が正解機能の推定順位であり、括弧内の数字はラベル追従戦略に基づく従来手法で推定を行った際の正解機能の推定順位である。

この表より提案手法により目的機能推定処理が変更された全ての選択履歴データにおいて目的機能推定の精度が向上していることがわかる。コンテンツ選択主導型の選択履歴データに対する正解機能の平均推定順位は 9.4 位であり、同選択履歴データに対するラベル追従戦略のみを利用した手法の平均推定順位 24.2 位に比べて大きく精度が改善されている。さらに、この順位は機能選択主導型の選択履歴データに対する正解機能の平均推定順位で

表 2.9 提案手法を用いた目的推定評価実験結果
Table 2.9 Result of examination for estimating target
function using operation strategy.

	Task1	Task2	Task3	Task4	Task5	Task6	Task7
Operator 1	3		10 (37)			2 (8)	
Operator 2				10		1 (17)	5 (12)
Operator 3		8	1			22 (38)	5 (12)
Operator 4	3 (6)		12	34 (40)			
Operator 5		3 (48)	1		30	9	12
Operator 6	5						

ある 8.1 位との差がほとんどないことから、操作戦略に基づく目的機能推定手法によりユーザの操作戦略の影響をあまり受けずに推定が行えるようになったといえる。また、全選択履歴データを用いた際の正解機能の平均推定順位は 8.7 位であり、推定結果の上位 10 位及び 20 位以内に正解機能が含まれている割合はそれぞれ 78.9%と 84.2%であった。

次に操作戦略に基づく目的機能推定手法における推定精度の差について分析した結果を述べる。操作戦略に基づく目的機能推定手法においては、ユーザがどのようなコンテンツ（操作対象）を選択しているかに基づいて目的機能推定の対象機能を絞り込むことで推定精度の向上を図っている。従って、操作戦略に基づく目的機能推定手法における推定精度は操作対象が機能に対して特徴的か否かに大きく依存する。例えば、ほとんどの機能で扱う操作対象をユーザが選択した場合、対象機能の絞り込みはほとんどできないため、推定精度の向上は見込めない。一方で、少ない機能でしか扱わない操作対象をユーザが選択した場合、対象機能の絞り込みが効果的に行われ推定精度が大きく向上する。そこで、コンテンツ選択主導型と判定された各選択履歴データについて、特定された操作対象及びその結果絞り込まれた目的機能推定対象機能数と、ラベル追従戦略に基づく手法と操作戦略に基づく目的機能推定手法の推定結果を比較した結果を表 2.10 に示す。この結果より、対象機能数が少ない Task1(実験協力者 4)、Task2(実験協力者 5)、Task3(実験協力者 1)、Task6(実験協力者 1)、Task6(実験協力者 2)の選択履歴データでは提案手法によって推定精度が大きく改善されているのに対し、対象機能数が多い Task4(実験協力者 4)、Task6(実験協力者 3)

表 2.10 推定順位と対象機能数との関係
Table 2.10 Relation between number of object functions
and rank of estimated target function.

Operation history	Estimated operation object	Number of object functions	Estimated rank	
			Label-following strategy	Operation strategy
Task1(Operator 4)	On air programs	10	6	3
Task2(Operator 5)	On air programs	10	48	3
Task3(Operator 1)	On air programs Programs broadcast later	11	37	10
Task4(Operator 4)	Recorded programs.	40	40	34
Task6(Operator 1)	On air programs	10	8	2
Task6(Operator 2)	On air programs	10	17	1
Task6(Operator 3)	On air programs Programs broadcast later	50	38	22
Task7(Operator 2)	Recorded programs.	40	12	5
Task7(Operator 3)	On air programs	40	12	5

は上記選択履歴データと比べて改善度合いが小さいことが確認できる。なお、Task6(実験協力者 3)の選択履歴データにおいてはユーザが間違った操作（意図しない操作）を行うことで録画された番組を表示する画面を表示し、その画面において探索的に「サブメニュー」を選択していた。その結果、目的機能推定処理において「録画された番組」がユーザの操作したい操作対象だと判断され、対象機能数が大きく増えてしまい、同一タスクにおける他の選択履歴に比べて推定精度が著しく悪い結果となった。このように提案手法においては、「サブメニュー」が本来のコンテンツ選択主導型の戦略で選択されなかった場合に精度が低下してしまうという課題は残る。

2.4.4 操作戦略に基づく目的機能推定手法の支援適用に関する考察

目的機能推定手法の評価では、多機能な AV 機器の代表として録画機器を対象として操作戦略に基づく目的機能推定手法の有効性確認を行った。本手法が有効であるのは、コンテンツ（操作対象）の選択と機能の選択が共存するメニュー選択型のインタフェースをもつ機器であり、例えば、音楽や動画をコンテンツとして様々な機能が可能なオーディオ機器

や、写真や動画をコンテンツとしたデジタルカメラなどがある。また、AV 機器以外では、例えば携帯電話においては、写真や音楽などを対象コンテンツとして、メールで送信する機能や着信音に設定する機能などがあるため、本手法に基づく操作支援が適用可能だと考えられる。

本研究では具体的な操作支援方法として、推定結果の一覧をユーザに提示し、その中からユーザが選択した機能について操作方法や関連情報といったガイド情報を与える支援方法を想定したが、目的機能推定の結果は他の様々な操作支援に利用可能である。例えば、電子マニュアルを利用してキーワード検索で所望の機能を検索する場合、検索用キーワードが思いつかないことやキーワードを入力したが関係の無い機能が検索結果として表示されるといった問題がある。そこで、電子マニュアルで所望の機能を探す前に機能の実現に向けて機器に対して試行錯誤の操作を行っていた場合、この選択履歴から提案手法により推定した機能を利用して電子マニュアルをキーワード検索する際の検索用キーワードの自動提示や検索結果の順位付けの変更を行うといった支援方法が考えられる。

実際の操作支援に提案手法を利用する場合、目的機能推定手法の評価で用いた 3 試行分の選択履歴ではなく、ユーザが支援を求めたタイミングで得られる選択履歴から目的機能を推定しなければならない。選択履歴が少ない場合、機能を特定する単語が少なくなり、推定精度が低下する。一方、選択履歴が多い場合、ユーザが適切なメニュー項目を見つけられず、手当たり次第にメニュー項目を選択する行為が選択履歴収集実験において見受けられた。このような手当たり次第の選択はラベル追従戦略では無く、短時間でより多くの選択を行うという戦略に基づく。従って手当たり次第の選択では、選択時間間隔が短く、例えば、メニュー画面のメニュー項目を上から順番に選択するような隣接するメニュー項目やリモコンボタンを選択する傾向がある。このような選択履歴は、選択されたメニュー項目同士のインタフェース上の位置は近いが、意味的類似度は小さく、ユーザの目的機能との意味的類似度も小さくなるため、ラベル追従戦略を前提としている提案手法では推定精度が低下する。

このように、実際の利用環境では操作支援の要求が行われるまでの選択履歴により、大

きく推定精度が変動する可能性がある。今後は、選択操作の時間間隔や選択項目同士の意味的類似度とインタフェース上の配置関係に基づいた手当たり次第選択の抽出によるノイズ選択履歴の除去や、選択履歴数などによる推定精度の変動に対応として、例えば操作履歴に対する各機能の類似度の大きさや分布から求めた推定結果の確信度を利用した操作支援インタフェースの設計に取り組む必要がある。

2.5 目的機能推定手法の関連研究

本提案手法の関連研究として、ユーザが目的の機能を実現できない際の操作支援に関する研究と、本研究で利用したラベル追従戦略以外の人間の情報探索モデルに関する研究について述べ提案手法の位置づけを明確にする。

2.5.1 目的機能の推定・検索に関する研究

ユーザが目的の機能に辿り着けない際の支援として、選択されたボタンやメニュー項目に含まれる単語の意味的類似度を利用することなく、ユーザの操作目的を推定する手法が提案されている。例えば、事前に収集した操作履歴から操作と目的との関係を確率で表現し、ユーザの入力操作から目的を推定する確率的手法がある。マイクロソフト社の **Lumiere** プロジェクトでは、ベイジアン・ネットワークによるユーザモデリングを行い、操作履歴を基に次に行うコマンドや目的の機能を推定している^[39]。また、操作時における「時間」や「場所」などユーザの置かれている状況をユーザの操作履歴と対応させて記憶し、状況に応じて操作を予測する手法も提案されている^{[54] [55]}。このような操作履歴を学習することにより目的機能を予測する手法において、ユーザ自身の操作履歴を学習する手法では、未実行の操作機能の予測ができないし、他の利用者の履歴を学習する手法では、事前に学習用操作履歴を収集する必要がある。

一方、本研究における提案手法や上記確率的手法のように、操作履歴からユーザの目的機能の推定することでユーザが目的機能へ到達することを支援する方法に対して、ユーザ自身が検索文や質問文を入力して目的機能を検索することを支援する方法がある。例えば、ユーザが自分の言葉で入力した質問文から適切な機能を検索し、パソコンソフトの操作を自動的に実行するナビゲーションソフトが提案されている^[16]。このナビゲーションソフトでは、単語の意味ベクトル辞書を人手で構築し、パソコンソフトの各機能とユーザが入力

した要求文に含まれる単語を用いて意味ベクトルで表現し、要求文と各機能との類似度を計算することでユーザの目的機能を検索する。また、パソコンのソフトウェアに関する大規模知識ベースからユーザの質問に対して、ユーザの曖昧な質問を具体化する手順を記述した対話カードを利用して、ユーザに対話的に聞き返しを行いユーザの質問の答えにナビゲートするシステム^[56]やユーザが音声で入力した問い合わせに対して同大規模知識ベースやビデオデッキのマニュアルから目的の情報を検索するシステム^{[21][57]}もある。これらのシステムでは、目的機能を検索するためのインタラクションがあるため、操作履歴のみを利用した目的機能推定により行う支援に比べより高い精度でユーザを目的機能へ導くことが可能である反面、ユーザが直接質問を入力する行為は負担であり、時間と手間を有する。特に初心者にとっては適切な質問の作成は困難である。

2.5.2 機能・情報の探索行動に関する研究

本研究ではメニュー選択型インタフェースにおいて、ユーザが目的機能を探索する行動、特に機能選択主導型の操作戦略を持つユーザの行動は、提示されたメニュー項目の中から目的機能に意味的類似度が最も近いメニュー項目を選択するラベル追従戦略に基づいた探索行動であると想定し、目的機能推定を行った。このように単語の意味的類似度を用いたユーザの行動モデルはテキストコーパスにより構築が可能であるため、ユーザの行動モデルの構築及び変更が確率的手法に比べて容易であるという利点を有する。

ラベル追従戦略以外の人間の情報探索モデルとして、動物行動学において動物が餌を取る行為に焦点を当てた最適採餌戦略^[58]を応用した情報採餌理論^[59]がある。この理論においてはユーザの行動モデルとして「Information Patch Model」「Information Scent Model」「Information Diet Model」の3つのモデルがある。この中で Information Scent Model^[60]は目の前にある手がかりから情報の「香り」を嗅ぎ分けて所望の情報源を探索するモデルであり、ラベル追従戦略と同様の考え方によりユーザの行動をモデル化しているといえる。Information Scent Model に基づくユーザ探索行動の妥当性については、幾つかの実験により検証されている。Web サイトにおける検証として、Web サイトにおけるリンクの選択行動をモデル化した WUFIS(Web User Flow by Information Scent)を利用して、キーワードで表現した目的情報と現在のページのリンクとの類似度を用いた予測と人間の判断との比

較を行った実験^[61]がある。AV 機器におけるマニュアル検索においても、録画機器の取扱説明書から構築した活性伝播ネットワーク(Spreading Activation Network)に基づいて計算される Information Scent の評価値を用いて Scatter/Gather アルゴリズム^[27]を応用した対話型インタフェースを評価した実験^[7]により検証されている。

本研究と従来研究との比較を表 2.11 に示す。従来から研究されてきたラベル追従戦略や Information Scent Model のように、目的の機能や情報に対して意味的類似度が大きな選択肢を選択するというユーザの操作戦略に基づく手法は、テキスト情報を主に対象とした Web サイトのユーザビリティ評価や機器のマニュアル検索などの用途において有用である。一方、AV 機器のようなコンテンツを対象とする機器では、ラベル追従戦略のように目的機能に対して意味的類似度が大きな選択肢を選択する戦略（機能選択主導型）に加え、対象コンテンツの選択を行う戦略（コンテンツ選択主導型）が存在するため、本研究では両戦略を判別し、異なる解析手法を適用することで、目的機能推定精度の向上を実現した。

表 2.11 本研究と従来研究との比較
Table 2.11 Comparison of the proposed method and the conventional methods.

	Operation strategy	Analysis method	Application
Previous research	Information scent model	Text corpus → Spreading activation network	Usability evaluation of websites Usability evaluation of menu interface
	Label-following strategy	Text corpus → Latent semantic analysis	Usability evaluation of websites Document retrieval
This research	Function oriented strategy (Label-following strategy) & Content oriented strategy	Text corpus → Latent semantic analysis & System condition → Estimating operation object	Estimating target function for AV appliance

2.6 結言

本章では、操作履歴を用いたユーザの目的機能推定手法について提案して評価を行った。まず、ユーザがラベル追従戦略に基づいたメニュー選択行動を行っているとは仮定し、ユーザの選択履歴から目的機能の推定を行う手法について提案し評価を行った。しかしながら、ラベル追従戦略による目的機能推定手法では精度が低い評価結果があるため、精度低下の要因分析を行った。その結果、AV 機器の操作戦略には機能選択主導型とコンテンツ選択主導型が存在し、ラベル追従戦略のみに基づく目的機能推定手法ではコンテンツ選択主導型の選択履歴に対して推定が困難であることがわかった。そこで、ユーザの操作戦略を判定し、その結果に応じて目的機能推定処理を変更する操作戦略に基づく目的機能推定方法を提案した。6 名の実験協力者に対して 8 タスクを実施して収集した選択履歴データに対して提案手法の評価実験を行った結果、正解機能の平均推定順位として 8.7 位、上位 10 位及び 20 位以内に正解機能が含まれている割合として 78.9%と 84.2%を得ることができた。特にコンテンツ選択主導型の選択履歴に対する正解機能の平均推定順位はラベル追従戦略を用いた手法のみの場合に比べて 24.2 位から 9.2 位へと大きく改善できた。

第 3 章 目的機能推定インタフェースの評価

3.1 諸言

第 2 章において、ユーザの操作履歴から操作戦略を判断し目的機能を推定する手法を提案した。本研究における提案手法に限らず、ヘルプ対象機能に対する推定結果をリスト提示するインタフェースが多い[16][20][39]。このインタフェースでは推定結果の精度が悪い場合に、目的機能が下位に提示されてしまうために機能を探すユーザの負担が大きくなる。従って、ヘルプシステムの評価方法として、ユーザの目的の機能が推定順位の上位何位以内に推定されているかに基づいた評価が行われている[20][39]。しかしながら、これらの評価では推定結果が上位にあるほど良いという観点での評価あり、従来の目的機能推定を用いないヘルプシステムと比較した場合に、ユーザの負担を軽減するのに必要な推定精度という観点での評価が行われていない。

そこで本章では、ユーザの目的機能を推定することで機能探索時の支援を行うヘルプシステムが、従来の目的機能推定を行わないヘルプシステムに対してユーザの負担を軽減する推定精度について明らかにする。すなわち、両ヘルプシステムのインタフェースを用いてユーザが目的の機能に辿り着くまでのユーザの負担について比較評価し、従来のシステムよりユーザの負担が少ない推定順位を明らかにする。ここで、ユーザの負担としてはヘルプシステムにおいて目的機能の探索に要した操作数や操作時間により定量化して比較を

行う。

ユーザの目的機能を推定するヘルプシステムのインタフェースは前述の推定結果をリスト提示する推定結果リスト型インタフェースとし、従来のヘルプシステムのインタフェースは機能をカテゴリ毎に分類したリストを提示し、ユーザがカテゴリを選択することでそのカテゴリに属する機能をリスト提示する階層型インタフェースとした。

両インタフェースの比較評価を行うことで有効な推定精度を検証するため、ユーザがリモコン上のヘルプボタンを押下した場合に、2種類のインタフェースでマニュアルに記載の機能が探索可能なDVD録画機ヘルプシステムを構築した。1つはユーザがヘルプボタンを押下するまでの操作履歴に基づいて機能を順位付けし、その順位に従って機能をリスト提示する推定結果リスト型インタフェースであり、もう1つは電子マニュアルの目次を基に機能を階層化した階層型インタフェースである。

まず、構築したヘルプシステムを用いて評価実験を行い、実験協力者の操作傾向として、操作開始からヘルプボタンが押下されるまでの操作履歴や操作時間について述べる。また、実験協力者がヘルプボタンを押下してから目的の機能へ到達するために要した選択項目種類数や操作時間の傾向を両インタフェースについて述べる。

次に、目的機能推定を行うヘルプシステムにおける有効な推定精度を調べるため、比較用の階層型インタフェースにおいて各機能へ到達するために要する平均操作時間をKeystroke-Level Model(KLM) [62][63]を用いて予測し、同モデルを用いてその予測時間より短く到達できる推定順位を有効な推定精度として求める。さらに、評価実験で得られた両インタフェースにおける操作時間を用いて同様に有効な推定精度について求める。

3.2 目的機能推定ヘルプシステムの構築

3.2.1 評価用ヘルプシステムの概要

第2章で評価に用いたDVD録画機を対象とし、機器の使い方がわからなくなったときに、ユーザがヘルプボタンを押下すると、マニュアルに記載の各機能の説明が探索できるヘルプシステムをPC上に構築した。ヘルプシステム全体の主な構成概要を図3.1に示す。ここで、点線内がPC上での構成要素である。また、評価対象であるDVD録画機及びヘルプシステムの操作に利用するリモコンの写真を図3.2に示す。本ヘルプシステムでは、リモコン

から発信される信号を受信し、画面情報記憶部に記憶される画面情報を用いてユーザが選択した項目に関する情報を選択履歴部に記憶する。そして、ユーザにより図 3.2 のリモコン上の「ガイド」ボタンがユーザにより押下されると、インタフェース選択部によって選択されているヘルプインタフェースが画面出力部に提示される。1 つは、機器のマニュアルの目次に基づいて構築した階層型インタフェースである。もう一つは、リモコン上の「ガイド」ボタンが押下されるまでの操作履歴を用いてユーザの目的機能を推定し、リスト提示する推定結果リスト型インタフェースである。次節以降、階層型インタフェースと推定結果リスト型インタフェースについて詳細に述べる。

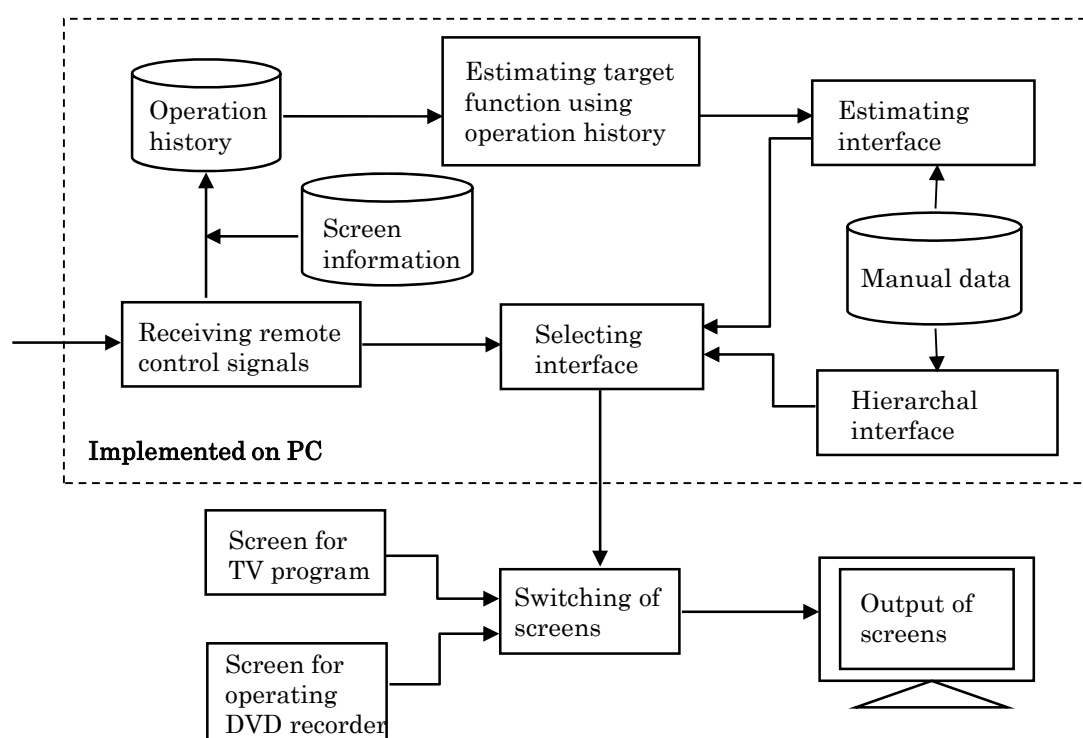


図 3.1 ヘルプシステムの構成
Fig. 3.1 Help system configuration.



図 3.2 実験で利用したDVD録画機のリモコン
Fig. 3.2 DVD recorder remote control.

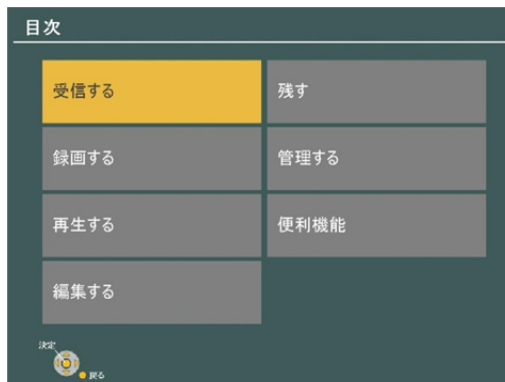
3.2.2 階層型インタフェース

構築したヘルプシステムでは，従来までの一般的なヘルプインタフェースとして，階層型インタフェースを実装した．なお，ヘルプ対象機能はマニュアルに記載の 116 機能（付録 A）であり，その機能をマニュアルの目次における分類に従い 7 カテゴリに分類した．表 3.1 に分類したカテゴリ名と各カテゴリに含まれる機能数を示す．表 3.1 からわかるように，各カテゴリに分類される機能数には偏りがあり，便利機能が最も多く 45 の機能を含み全体の約 39%を占める．

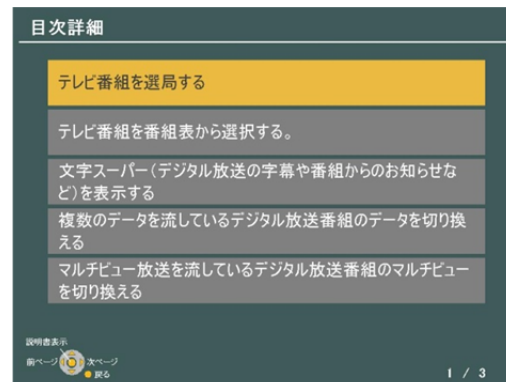
階層型インタフェースの画面の一例を図 3.3 に示す．ユーザがヘルプボタンを押下すると，はじめに表 3.1 に示す 7 つのカテゴリ分類名が図 3.3(a)のように提示される．図 3.2 のリモコンの上下左右ボタンでカテゴリ分類名の上へフォーカスを移動させ，決定ボタンで 1 つ

表 3.1 マニュアル階層型の分類名及び対応機能数
Table 3.1 Classifications name and number of functions.

Category name	Number of functions	Category name	Number of functions
Receive	7	Keep	7
Record	11	Manage	5
Play	14	Convenient functions	45
Edit	27		



(a) Screen of classified categories.



(b) Screen for selecting function name.

図 3.3 階層型インタフェース画面の一例
Fig. 3.3 Screen capture of hierarchal interface.

のカテゴリ分類名が選択されると、図 3.3(b) のようにカテゴリ分類に属する機能の機能名がリスト提示される。このリスト提示の順序はマニュアルに記載されている順序であり、1画面上に一度に提示するのは5機能名とした。これは、評価対象機器のDVD録画機のメニュー画面と同程度のフォントサイズにすることで決定した。1つのカテゴリ分類に6つ以上の機能があり、6番目以降の機能を見たい場合は、次のページを提示する操作を行う必要がある。前後のページを見たい場合はリモコン上の左右ボタンを押下し、リスト提示された機能名のフォーカスを上下に移動させたい場合はリモコン上の上下ボタンを押下する。現在のページ数は画面右に全体のページ数とともに画面右下に提示される。図 3.3(b)の機能名選択画面上で所定の機能の説明が見たい場合は、説明が見たい機能名へフォーカスを移動し、決定ボタンを押下すると機能名に対応した機能説明画面が提示される。

3.2.3 推定結果リスト型インタフェース

推定結果リスト型インタフェースでは、ユーザによってヘルプボタンが押下されるまでの操作履歴を用いて、目的機能を推定し、システムが算出した推定スコアが高い順にリストを提示する。画面の一例を図 3.4 に示す。推定結果リスト型インタフェースでは、推定スコアが高い順に機能名をリスト提示するが、階層型インタフェースと同様に、1画面上に提示する機能名数は5機能名とし、より下位の目的機能推定結果を見たい場合、次のページを提示する操作を行う。機能の説明が見たい場合も階層型インタフェースと同様に、機能名へフォーカスを移動し決定ボタンを押下する。

目的推定候補	
001: 番組表から番組を予約録画する	0.968
002: 放送中の番組を録画する	0.748
003: トピックスで番組の検索を行って予約録画する	0.738
004: キーワードで番組の検索を行なって予約録画する	0.737
005: 人名で番組の検索を行なって予約録画する	0.737

説明書表示
前ページ 次ページ
戻る

1 / 23

図 3.4 推定結果リスト型インタフェース画面の一例
Fig. 3.4 Screen capture of target function estimating interface.

次に、操作履歴からユーザが求めている機能を推定するアルゴリズムに関して簡単に述べる。本ヘルプシステムでは第 2 章で提案した目的機能推定機能を利用している。この手法では、ユーザが目的機能に意味的類似度が最も近いメニュー項目を選択するというラベル追従戦略(Label Following Strategy)^{[48][49]}に加え、AV 機器の操作戦略も考慮した目的機能推定手法を用いてユーザの操作履歴から目的機能を推定している。ラベル追従戦略を利用した手法では潜在的意味解析^[45]により計算した単語間の意味的類似度を用いて目的の機能を推定する。

LSA 意味空間は、ヘルプシステムで対象とした 116 機能のマニュアルにおける目次の分類名と機能名、機能説明を併せたものを機能表現文書とした文書集合に対して日本語形態素解析システム茶釜(chasen-2.4.2-1-ipadic-sjis-2.7.0)^[53]を利用して名詞及び動詞を中心とした 363 単語を抽出する。抽出した単語の各文書中における出現頻度情報 (TF-IDF 値^[64]) を用いて単語×文書行列を作成する。この単語×文書行列に対して特異値分解を行い、100 次元まで次元圧縮することで、目的機能推定で用いる LSA 意味空間の構築を行っている。

3.3 目的機能推定ヘルプシステムの評価実験

構築したヘルプシステムの評価を行うため、対象 DVD 録画機の利用経験が無い 20 代から 50 代の 16 人（男女共に 8 名）の実験協力者による評価実験を行った。実験時には実験協力者の操作履歴を時刻情報も含めて記録すると共に、視線情報についても Tobii 社^[65]製の視線計測装置 X120 を用いて計測してその記録を行った。

3.3.1 評価実験仕様

図 3.5 に実験システムの構成を示す。実験協力者は椅子に座り 20 インチのディスプレイに表示される DVD 録画機とヘルプシステムの画面を図 3.2 のリモコンにより操作する。実験協力者のリモコン操作信号は赤外線受光部により PC に送られる。PC ではヘルプシステムで行われる目的機能推定に用いるための操作履歴情報の記憶が行われ、さらに実験協力者のリモコン操作信号を赤外線発光部から発信する。DVD 録画機は PC から発信される信号を受信して、ユーザのリモコン操作に対応した動作を行う。PC で実装されたヘルプシステムと DVD 録画機の画面の切替はユーザがリモコン上のヘルプボタンを押下したタイミングでデジタルスキャンコンバーターにより行う。視線検出装置は図 3.5 に示すように、ディスプレイの下にスペースを作り設置した。また、実験協力者とディスプレイの距離は視線検出に適した 60cm から 80cm となるようにした。

図 3.6 に評価実験の流れを示す。評価実験では各実験協力者に対しはじめに各タスクの評価実験を行う前に実験全体の説明を行い、その後に各タスクの評価を行った。

まず、実験全体の説明について述べる。ここでは、これからいくつかタスクを実行させ

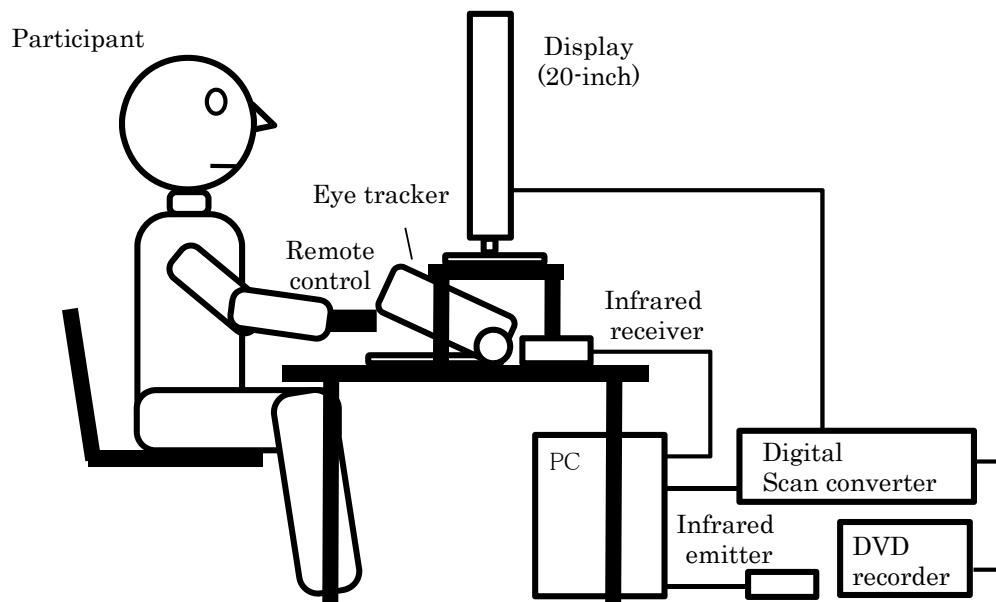


図 3.5 実験システムの構成
Fig. 3.5 Experiment system configuration.

るが、もし課せられたタスクを達成できないと判断した場合、リモコン上にあるヘルプボタンを押下するようリモコンを見せながら指示した。また、ヘルプボタンを押下するとヘルプシステムのインタフェースが表示されるため、その中から目的の機能を探索し、その機能の説明を表示するよう指示した。さらに、操作対象リモコンは2重構造になっており、蓋を開けて押下可能なボタンも存在するが、本実験では蓋を開けないで操作するよう指示した。なお、この実験全体の説明の間、ディスプレイには放送番組が表示されており、DVD録画機やヘルプシステムのインタフェースについては説明を行わなかった。

次に、タスクの評価実験について述べる。タスク評価実験では、実験時間を設定し、この時間内にできる限りのタスクについて評価した（ただし最多で10タスク）。表3.2に課した評価タスクを示す。表3.2において「タスク指示文」は各評価タスクの実行の際に実験協力者に提示した指示文であり、各実験協力者には表3.2のタスク番号の小さなタスクから順番にタスクを実行させた。なお、評価タスクとした機能は、機能を実現するまでの操作画面の重複が少なく、利用頻度が多い機能と少ない機能の両方を含むように決定した。具

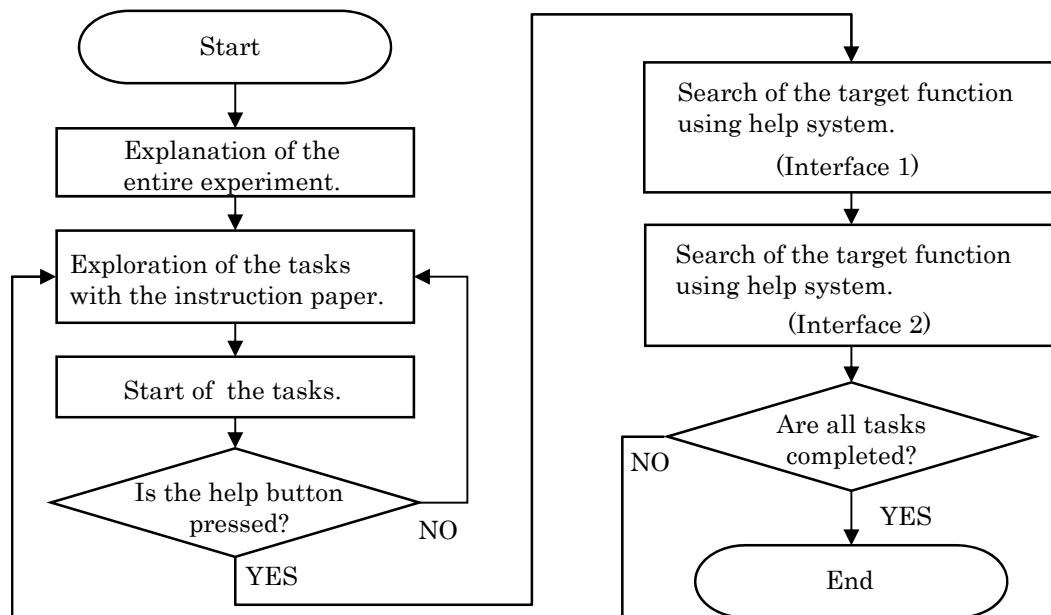


図 3.6 実験の流れ
Fig. 3.6 Experiment flow.

体的には、利用頻度が多い機能として再生や録画に関する機能（表 3.2 中、Task1,2,6,10）を、利用頻度が少ない機能として設定に関する機能（表 3.2 中、Task4,5,7,8）を含めた。

各タスクの評価では、まず、タスクに対する操作を開始する前に評価タスクのタスク指示文を印刷したタスク指示書を実験協力者に手渡した。実験協力者が指示書の内容を理解した後にタスク指示書を回収し、実験者が実験協力者にリモコンを渡すことでタスクの実行操作を開始した。実験者は実験協力者にリモコンを渡す際、前述のリモコン上の操作対象外のボタンを押下し、その操作履歴を記憶した。これは、タスクの開始時刻を操作履歴として記憶するためである。各タスクの実行開始から終了までの間、実験協力者の操作履歴(何をいつ押したか)に加えて視線の計測と操作画面のキャプチャ結果を PC に記録した。

実験協力者がヘルプボタンを押下することなく、評価タスクを実行できた場合は、次のタスクの評価へと進む。一方、ヘルプボタンが押下された場合、図 3.3 や図 3.4 のどちらか

表 3.2 実験タスク
Table 3.2 Tasks for examination.

No	Tasks
1	Play the program recorded on the hard disk as “test1.”
2	Program to record the program shown on TV station XX from 6:00 p.m. to 6:10 p.m. today.
3	List the programs XX that appear and program to record one program out of the list.
4	Digital broadcast can be shown with subtitles. Display subtitles for the program you are currently watching.
5	The clock on the recorder is slightly off. Set it to the correct time.
6	Delete the program “test1” recorded on the hard disk.
7	Set the recorder so that it can be operated quickly after the ON button is pressed. (Electricity consumption in standby mode increases through this operation.)
8	Set the player to avoid watching adult DVDs containing violent scenes.
9	You are watching a BS digital broadcast. Change it to the analog broadcast channel XX.
10	Copy the two programs “test1” and “test2” on the hard disc to a DVD. (A DVD is already presented.)

のインタフェース（インタフェース 1）が提示される．実験協力者は提示されたインタフェースを操作してタスクに対応した目的機能を探し、目的機能の説明画面を提示した時点でタスク終了とする．なお、DVD 録画機におけるタスクの実現の判断は実験協力者が行い、もし正しい場合はそこで終了するが、正しくない場合はその旨を伝え、操作を続けさせた．また、ヘルプシステム利用時の目的機能の探索については、機能の説明画面が提示された時点で実験者が判断し、選択された機能が目的機能でない場合は間違っていることを実験協力者に伝え、機能名リストに戻り再度目的機能の探索を行わせた．

前記ヘルプシステムによる目的機能の探索が終わると、ヘルプボタンを押下した際に表示されるヘルプシステムのインタフェースを実験者は変更し、実験協力者に同一の機能の説明画面を変更したインタフェース（インタフェース 2）を用いて探索させた．16 人のうち半分の実験協力者は推定結果リスト型のインタフェースを操作後、階層型インタフェースを操作して目的機能を探し、残り半分の実験協力者はその逆で両インタフェースによる目的機能の探索を行った．

3.3.2 ヘルプボタン押下までの操作傾向

本実験で実験協力者 16 人が行ったタスクは合計で 155 タスクであり、そのうち 14 人の実験協力者が 35 タスクに対してヘルプボタンを押下してヘルプシステムを利用した．図 3.7 及び図 3.8 にヘルプボタンが押下されるまでの DVD 録画機の操作時間及び選択項目の種類数に対するタスクの頻度分布を示す．ここで、DVD 録画機の操作時間は、タスクの開始操作からヘルプボタンが押されたまでの時間であり、リモコンの操作履歴として記録されたタスク開始時刻とヘルプボタンが押下された時刻の差分により計算した．

図 3.7 より今回の評価実験では、目的機能の探索を諦めてヘルプボタンを押下するまでに必要とした時間は 30sec から 330sec 程度であり、その中で 30sec から 60sec の間目的機能を探して見つからない場合に最も多くヘルプボタンが押下されていることがわかる．また、実験協力者は少なくとも 30sec は試行錯誤してからヘルプボタンを押下していることもわかる．図 3.8 より目的機能の探索を諦めてヘルプボタンを押下するまでに選択した項目の種類数は 1 種類から 13 種類であり、その中で最も多いのは 2 種類の項目を選択した後、ヘルプボタンを押下している場合であった．

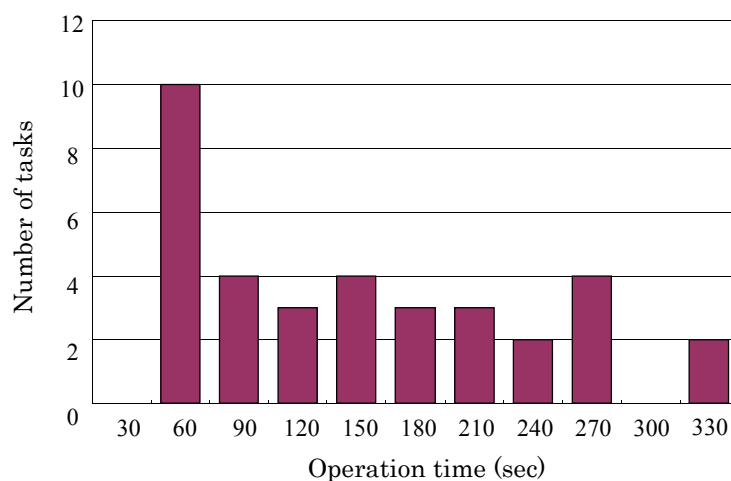


図 3.7 ヘルプボタン押下までの操作時間
Fig. 3.7 Operation time and number of participants used help system.

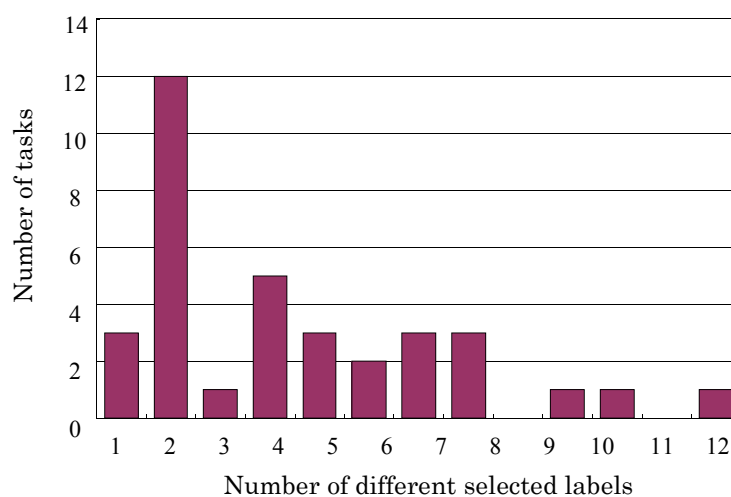


図 3.8 ヘルプボタン押下までの選択項目種類数
Fig. 3.8 Number of different selected labels and number of participants used help system.

3.4 KLM 及び Hick-Hyman の法則を用いた有効性順位の検証

3.4.1 予測操作時間による有効推定順位評価

ユーザの目的の情報を検索する情報検索システムではその性能評価において、その検索性能を再現率と精度で評価する場合が多い^[66]。この評価方法では、検索対象に対してシステムが提示した検索結果の中に正解がどの程度の割合で入っているかを調べるため、評価対象には正解が複数含まれている前提がある。それに対して、本研究で対象としているヘルプシステムでは、ユーザの目的機能は通常 1 つであるため再現率と精度での性能評価で

はなく、正解機能の順位に対する評価となる。例えば、ユーザが入力する要求文と機能との類似度が高い順に候補を提示するナビゲーションソフトでは、複数の質問文に対して提示した候補の 1 位、3 位、5 位、10 位以内に正解機能が含まれた割合を用いて性能評価を行っている^[16]。本論文においても、第 2 章で述べた目的機能推定手法の評価において、同様に複数の実験協力者の推定結果に対して正解機能が 10 位以内及び 20 位以内に入っている割合を用いて提案手法の性能評価を行った。

しかしながら、ヘルプシステムにおいて目的機能推定手法の有用性を明らかにするには、前節で述べたような目的機能推定手法の性能評価に加え、ヘルプシステムのインタフェースとして従来のヘルプシステムインタフェースに対して目的機能推定手法を用いた推定結果一覧型インタフェースが有効に働く推定順位を明確にする必要がある。なお、ここでいう有効とはユーザが少ない負担で目的の機能を探し出せることとする。

ユーザの負担を表現する変数として操作数が考えられるが、操作数で比較を行う場合、操作を行う際のユーザの認知時間が考慮されていない。操作数が少なくとも理解することが難しいインタフェースでは、ユーザの負担が大きいといえるため、多くの階層型インタフェースの有効性評価としては、目的の機能にどれだけ早く到達できるかという評価が多く用いられている^{[67][68][69]}。そこで、本節では推定結果リスト型インタフェースが有効な推定精度をヘルプボタンが押下されてから目的機能が選択されるまでの両インタフェースで必要となる時間を予測し、その結果を比較することで明らかにする。

3.4.2 KLM を用いた有効性順位の検証

対話システムのユーザの認知行動をモデル化し、個々の認知時間を積算することにより、その対話システムの操作時間を予測する方法として **Keystroke-Level Model** (以降 **KLM** と記述) がある^{[62][63]}。小松原^[68]は単階層メニュー選択システムにおいて **KLM** を用いて平均探索時間を予測している。その際用いている各時間は **Card** ら^{[62][63]}の値を基にしており、視線移動はサッケード時間を 30ms、カテゴリ判断時間を 380ms、カテゴリ内の項目の照合判定時間を 310ms、キー操作時間を 280ms としている。すなわち、1 つのカテゴリの判断所要時間を $30\text{ms}+380\text{ms}=410\text{ms}$ とし、カテゴリ内に属する 1 つの項目における照合判定所要時間を $30\text{ms}+310\text{ms}=340\text{ms}$ としている。

本研究においてもこれらの値を用いる。ただし、本ヘルプシステムでは、提示された推定結果のリストやカテゴリ分類を選択した後に提示される機能名のリストの中から目的機能であるか否かを判定する行為は、ユーザが予めヘルプシステムで提示される機能名を知らないため、照合判定よりカテゴリ判定に近いと考えられる。そこで、両インタフェースの機能選択画面における目的機能の判定時間は、カテゴリ分類画面における判定と同じ 410ms を用いる。また、本ヘルプシステムでは、図 3.1 と図 3.5 に示すように、リモコン信号を赤外線受光装置により受信し、PC 上でリモコン信号に応じた画面を作成してその結果を表示している。この赤外線受光装置の受信速度が数 100ms オーダーであるため、選択操作に要する時間としてはリモコンボタンの押下時間に加えてシステム応答時間を含める必要がある。そこで、ユーザのリモコンボタン押下時間も含めたシステム応答時間の計測を行った。すなわち、ヘルプシステムにおいて、画面を表示する際の時刻を出力し、連続的にボタンを押下した際の出力時間の間隔を求めた。その結果、18 回の連続的なボタン押下における前記時間間隔の平均値は 430ms（標準偏差 60ms）であった。本稿では、この結果を選択操作に必要な時間として用いることにする。

上記の値を利用した一例として、階層型インタフェースのカテゴリ分類画面の上から 2 番目にあり、1 ページ目の機能選択画面の 5 番目にある機能を選択した場合に、その操作に要する時間を計算する。目的カテゴリを判断して選択するのに要する時間は、2 項目のカテゴリ判断時間とフォーカスを 1 移動させ、決定ボタンを押す選択操作時間の和として $2 \times 410 + 1 \times 430 + 430 = 1,680\text{ms}$ である。また、機能選択画面では 5 項目の判定に要する時間と、フォーカスを 4 移動させ、決定ボタンを押す 5 回の選択操作時間の和として $5 \times 410 + 4 \times 430 + 430 = 4,200\text{ms}$ である。そこで、ヘルプボタンを押下してから目的機能に到達する時間は両時間の和として 5.88sec となる。

このようにして、それぞれのインタフェースを用いた場合に要する機能への到達時間を予測し、その結果を用いて必要な推定精度を明らかにする。まず、階層型インタフェースを用いた場合の各機能への平均到達時間を求める。それには全ての機能に到達する時間を計算し、その平均値を求める。なお、ヘルプシステムで探索される機能は、等確率で探索

されるものとする．

階層型インタフェースにおける探索時間 t_{KLM}^m を

$$t_{KLM}^m = t_{cate} + t_{func} \quad \dots \quad (3.1)$$

で表現する．ただし， t_{cate} は機能のカテゴリ分類の選択に要する時間であり， t_{func} は，カテゴリ分類名を選択した後に機能を選択するのに要する時間を表している．さらに，カテゴリを探索する時間 t_{cate} は，

$$t_{cate} = (n_{cate} \times 410) + \{(n_{cate} - 1) \times 430\} + 430 \quad \dots \quad (3.2)$$

で表現できる．ただし， $n_{cate} (\geq 1)$ は，所定の機能が含まれるカテゴリ分類名の画面における上からの項目数である．また，機能探索時間 t_{func} は，

$$t_{func} = \{((n_{page} - 1) \times 410 \times 5) + ((n_{page} - 1) \times 430)\} \\ + \{(n_{line} \times 410) + (n_{line} \times 430)\} \quad \dots \quad (3.3)$$

で表現できる．ただし，機能を提示する画面において， $n_{page} (\geq 1)$ は所定の機能が提示される画面のページ数であり， $n_{line} (\geq 1)$ は n_{page} 画面において所定の機能が提示されている上からの項目数である．なお，ある機能が所定のカテゴリの n_{cate} 番目にあるとき（以後これを機能番号と記述），その値を n_{page} と n_{line} で表すと

$$n_{cate} = n_{page} \times 5 + n_{line} \quad \dots \quad (3.4)$$

となる．(3.1)式から(3.4)式を利用して階層型インタフェースの平均探索時間を計算すると，10.89sec となる．一方，推定結果リスト型インタフェースにおいては，階層型インタフェースにおける機能探索時間と同様の方法で順位 p 番目に予測された機能の探索に必要な探索時間を計算できる．計算した結果，階層型インタフェースにおける平均探索時間 10.89sec より短い時間で目的機能を探索するには，19 位以内に推定する必要があることがわかった．

3.4.3 Hick-Hyman の法則を用いた有効性順位の検証

KLM 以外の操作時間を予測する手法として，複数の選択肢から 1 つを選ぶ場合に要する時間を表現可能な Hick-Hyman の法則がある^[70]．Hick の法則では n 個ある選択肢のうち 1 つの選択肢を選ぶ場合に有する意思決定時間 t_{hh} は，

$$t_{hh} = a_{hh} + b_{hh} \log_2 n \quad \dots \quad (3.5)$$

で算出されている．ただし， a_{hh} ， b_{hh} は，非負の定数である．また，この時間は探索・意思

決定の時間であり、操作時間は入っていない。Hick の法則では対象ユーザとして熟練者を想定しているが、初心者の場合には、同様の選択に有する意思決定時間 t_{vs} は

$$t_{vs} = a_{vs} + b_{vs}n \quad \dots \quad (3.6)$$

で求められている^[69]。ただし、 a_{vs} 、 b_{vs} は、(3.5)式と同様に非負の定数である。ここで、(3.5)式と(3.6)式の定数は実験的に決定される定数であり、Cockburn ら^[69]は、単位を sec とした場合に $a_{vs}=0.3$ 、 $b_{vs}=0.08$ を実験から求めており、松井ら^[67]もこの値を用いている。この値を用いた場合、本ヘルプシステムの階層型インタフェースのカテゴリ分類の数は7カテゴリであるため、カテゴリ分類の選択の意思決定に要する時間は(3.6)式より 860ms となる。また、機能の選択においては1画面に5つの機能が提示されているため、その探索・意思決定時間は(3.6)式より 700ms となる。これらの値を使って KLM と同様に計算した結果、マニュアル選択型インタフェースにおける平均機能探索時間は 6.69sec であり、有効な推定順位は、23 位以内に推定する必要があることがわかった。なお選択操作に要する時間に関しては KLM と同じ値を用いている。

3.5 評価実験結果に基づく有効性推定順位の検証

本節では、3.3 節で述べたヘルプシステムの評価実験で得られた操作時間と 3.4 節で述べた KLM を用いた操作時間の予測を比較すると共に、実験で得られた操作時間を用いた際の目的機能推定における有効な推定順位を明らかにする。

3.5.1 階層型インタフェースの操作時間

階層型インタフェースを用いた機能探索では、カテゴリ分類の選択間違いや正解機能を通り過ぎたり、間違えた機能を選択したタスクが 16 タスク、またログデータの取得に失敗したタスクが 1 タスクあった。そこで、全 35 タスクからこれらのタスクを除いた 18 タスクに対して KLM による予測値との比較を行った。なお、カテゴリ分類における選択間違いは 12 タスクにおいて確認された。これは全体の 3 分の 1 以上であり、階層型インタフェース特有の課題であるといえる。

表 3.3 に階層型インタフェースにおける目的機能探索時の操作時間に対する予測値と実測値との比較結果を示す。表 3.3 では、全 18 タスクの比較結果に加え、ヘルプインタフェースの利用順序が異なるタスクに分けて比較した結果を示す。全 18 タスクのうち 階層型

インタフェースを先に利用したタスクは 8 タスクであり（表中「階層→推定と記述」）、推定結果リスト型インタフェースの利用の後に階層型インタフェースを利用したタスクは 10 タスク（表中「推定→階層」と記述）であった。

表 3.3 において、差分は操作時間の実測値と予測値との差分値（実測値－予測値）であり、全体比率は実測値を同予測値で割った比率である。カテゴリ分類画面比率及び機能選択画面比率はそれぞれ、ヘルプボタンが押下されてからカテゴリ分類名が選択されるまでに要した時間とカテゴリ分類名が選択されてから機能名が選択されるまでに要した時間の実測値を同予測値で割った比率である。また、順序効果を検証するため、それぞれの比較結果に対して t 検定（両側検定）を行い、p 値を計算した結果も表中に示す。

表 3.3 に示すように、全 18 タスクにおける操作時間の実測値は KLM を用いた予測値より 16.5sec 長く、4.7 倍の操作時間を要していることがわかる。また、全体比率や機能選択画面比率に対してカテゴリ分類画面比率が大きいことがわかる。これは、カテゴリ分類の一覧から目的の機能が分類されている分類名を選択する時間が予測値に対してより多くの時間を要したということであり、機能名の判定よりカテゴリ分類の判定に時間を要しているといえる。インタフェース利用の順序効果については、t 検定（両側）の結果、各比較結果に 5%の優位水準で差は認められなかった。ただし、機能画面選択比率に関しては 5%の

表 3.3 予測値と実測値(階層型インタフェース)
Table 3.3 Predictive time and measured time.(hierarchal interface)

	Total (18 tasks)		Hierarchal → Estimating (8 tasks)		Estimating → Hierarchal (10 tasks)		t test results
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	p value
Difference [sec]	16.5	13.0	17.8	15.5	15.6	10.6	0.739
Total ratio [%]	4.7	2.5	5.2	3.1	4.4	1.7	0.483
Classified category screen ratio [%]	7.1	4.2	7.2	5.3	7.3	3.1	0.927
Function selection screen ratio [%]	3.6	2.2	4.8	2.6	2.7	1.4	0.059

差は認められなかったものの、 p 値としては小さな値となっていることがわかる。これは機能名の選択に関しては、先に探索したインタフェースで選択した機能名と同じ機能名を探索操作となるため、より短い時間で探索が行われた可能性を示唆していると考えられる。

3.5.2 推定結果リスト型インタフェースの操作時間

推定結果リスト型インタフェースを用いた機能探索では、目的機能を通り過ぎたタスクや、間違えた機能を選択したタスクが 7 タスクあったため、全 35 タスクのうち、これらを除いた 28 タスクに対して KLM を用いた予測値との比較を行った。操作時間の実測値と予測値を目的機能の推定順位で比較したグラフを図 3.9 に示す。図 3.9 から実測値では同一推定順位でも操作時間に大きな差があることがわかる。また、実測値と予測値を比較すると、全体的に実測値の方が予測値より操作時間が長いですが、推定順位が小さい領域で、よりその傾向が大きいことがわかる。

図 3.10 に各推定順位における実測値を同推定順位における予測値で割った比率を示す。図 3.10 より推定順位が 10 位以降では比率が 5 以下であるのに対し、10 位以内の多くのタスクで 5 以上の比率であることがわかる。このことから、初めの 1, 2 ページの探索の方が

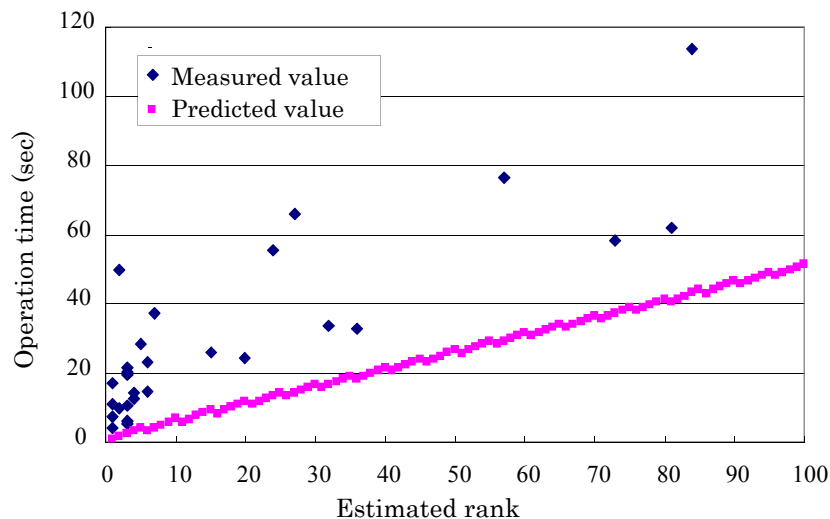


図 3.9 各推定順位における操作時間の予測値と実測値
(推定結果リスト型インタフェース)

Fig. 3.9 Predictive time and measured time in each estimated rank.(estimating interface)

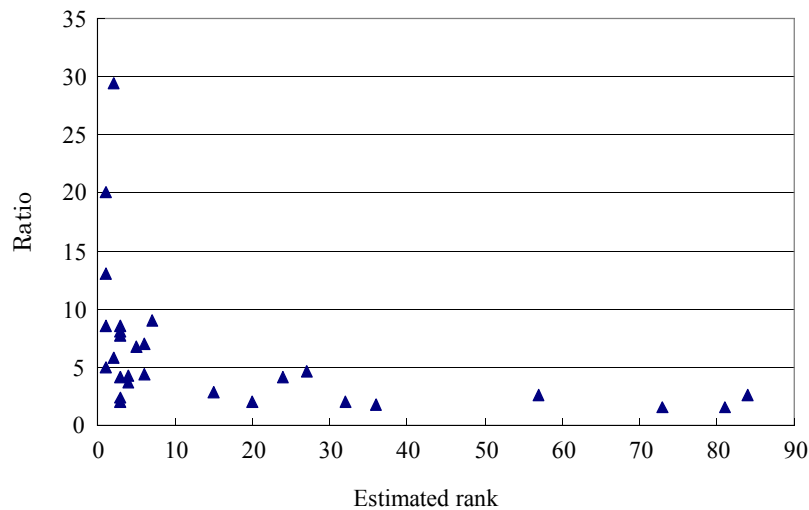


図 3.10 各推定順位における操作時間の予測値と実測値の比率
(推定結果リスト型インタフェース)

Fig. 3.10 Ratio of predictive time and measured time in each
estimated rank.(estimating interface)

それ以降のページより探索時間を多く費やしているといえる。

予測値と実測値の違いの主な要因は、これは予測に用いた目的機能の判断時間である 410ms が短いためであると考えられる。実験協力者は画面上に提示された機能名のリストから目的の機能を探す際、提示されている機能名がタスク指示書と同一ではないため、機能名の内容を理解した上で課題と比較・判断している。この内容レベルでの比較は KLM では考慮されていないため、実験での操作時間が長くなったと考えられる。

また、KLM では、機能名を見た段階で目的機能か否かの判断ができることを想定している。すなわち、目的機能の推定順位が 1 位の場合は一番上の機能名のみを見るだけで目的機能であると判断できるモデルとなっている。しかしながら、実験時における視線の記録情報を観察すると多くの実験協力者が、目的機能が 1 位に推定されており、その機能を選択した結果においても 1 位の結果より下位の推定結果も見ていることが確認できた。これは、周りに存在する他の機能名との比較を行うことで相対的にも自分が正しいと思う機能が最も正しい機能であると確認した後に、選択行動に移っていると考えられる。このような相対的な目的機能の確認を行うため、より多くの時間を要してしまうと考えられる。さらに、機能名を探索する場合、提示されているページにあるとは限らないため、「ある」か

表 3.4 機能選択の所要時間
Table 3.4 Required time of the function selection.

	Estimating target function interface		Hierarchal interface		t test results
Display position	Mean [sec] (Number of tasks)	SD [sec] (Number of tasks)	Mean [sec] (Number of tasks)	SD [sec] (Number of tasks)	p value
1	9.8(4)	4.7(4)	4.6(5)	2.0(5)	0.039
3	13.8(6)	6.8(6)	4.2(5)	0.72(5)	0.089

「無い」かの判断も必要でありその点も操作時間を長くする要因の一つであると考えられる。両インタフェースにおいて、機能の選択画面上で同一位置の機能を選択する際に要した時間を比較した結果を表 3.4 に示す。なお表内括弧に示したのはタスク数である。t 検定（両側）の結果、各比較結果において表示位置が 3 の場合しか 5%の優位水準で差が認められなかったものの、表示位置が 1 の場合も p 値は 0.89 であり、階層型インタフェースの階層型インタフェースは、より短い時間で機能を選択される可能性があるといえる。この要因の 1 つとしては、推定結果リスト型インタフェースの場合、類似した単語を含む機能名が並ぶため、その中から目的の機能を判断するのに時間を要してしまうことが考えられる。

3.5.3 実操作時間に基づく有効推定順位

評価実験で得られた両インタフェースにおける操作時間をもとに推定結果リスト型インタフェースにおける有効な推定順位を明らかにする。まず、評価実験で得られた一部の機能への到達に要した操作時間から階層型インタフェースにおける各機能への到達時間を予測する。先に述べたように階層型インタフェースにおいては、(3.1)式にあるように、カテゴリ分類の選択における操作時間と機能の選択における操作時間から構成されている。そこで、それぞれを別で扱い、機能が選択されるまでの予測時間を計測する。評価実験においてカテゴリ分類の選択に要した時間は最短で 3.3sec、最長で 27.8sec、平均値と中央値はそれぞれ 9.1sec と 7.4sec であった。

一方、機能の選択に要する操作時間に関しては、所定のカテゴリにおける機能番号によって、その所要時間が異なる。そこで、機能番号が n_{cate} である機能に到達するのに要した

操作時間を t_{Exp}^m とするとき、 n_{cate} の値を説明変数、 t_{Exp}^m の値を被説明変数として回帰分析によって係数を計算した。ここで、厳密には機能番号と操作時間の関係はページの跨りがあるため完全には線形の関係ではないが、その影響は少ないと考え本研究では線形にて近似を行っている。その結果、

$$t_{Exp}^m = 0.922 \cdot n_{cate} + 6.403 \quad \dots \quad (3.7)$$

という式で表現された。(3.7)式とカテゴリ選択に要した平均操作時間 9.1sec を用いて、階層型インタフェースの各機能に到達するのに要する操作時間を計算した結果 28.8sec となった。

次に、推定結果リスト型インタフェースにおいて各推定順位の機能へ到達するのに要する操作時間を計算する。推定結果リスト型インタフェースにおいて、実験協力者の操作履歴から目的機能推定の実行によって目的機能が p 番目に順位付けされたとき、 p の値を説明変数とし、その機能の到達に要した操作時間 t_{Exp}^r を被説明変数とすると、

$$t_{Exp}^r = 0.854 \cdot p + 15.18 \quad \dots \quad (3.8)$$

で表現された。先に求めた階層型インタフェースにおける平均操作時間 28.8sec と(3.8)式より、本評価実験における平均的な操作時間により目的機能の探索を行った場合、階層型インタフェースよりも推定結果リスト型インタフェースが有効であるためには、必要な推定順位が 15 位以内であることがわかった。ただし、この値は評価実験において選択間違い等が無い操作時間を用いて計算している。今回の評価実験では、先に述べたように階層型インタフェースにおいて、多くのカテゴリ分類の選択間違いがあった。この場合の操作時間はかなり長くなるため、このような選択間違いを考慮した場合は有効な推定順位はより低い推定順位になる。

本節で求めた有効推定順位が評価実験の結果に対して、どの程度適合しているかを検証する。有効推定順位の計算に利用したタスクのうち両インタフェースを利用した 17 タスクに対して両インタフェースの操作時間の差分を計算した。その結果、推定結果リスト型イ

インタフェースで 15 位以内に推定されたタスクは 11 タスクあり、そのうち 9 タスクにおいて階層型インタフェースの操作時間より短い時間で目的機能の選択を行えている。一方、16 位以降に推定されたタスクは 6 タスクであり、そのうち 5 タスクにおいて目的機能の選択に階層型インタフェースの操作時間より長い時間を要していた。

さらに、上記 17 タスクのうち、2 人以上の実験協力者がヘルプボタンを押下したのはタスク 2 (5 人)、タスク 4 (4 人)、タスク 9 (4 人) であった。これらのうち、15 位以内に推定されていたにもかかわらず階層型インタフェースより操作時間を要したケースがタスク 2 とタスク 4 でそれぞれ 1 つあった。タスク 2 のケースについては、推定順位が 15 位であったことと、タスク 2 の階層型インタフェースにおいて実験協力者がカテゴリ分類の選択をすばやく行えていたことが原因であると考えられる。また、タスク 4 のケースについては、推定順位が 1 位であったにも関わらず、選択までに 11sec を要していた。視線の記録情報を観察すると他の機能にも眼をやっていたことと、何度も 1 位の機能を見直していたことがわかった。このことから選択に自信が無く時間を要してしまったと考えられる。一方、16 位以降に推定されて階層型インタフェースより短い操作時間であったケースはなかった。以上より、有効推定順位 15 位はタスクや実験協力者により多少の差はあるものの、おおよそ妥当であるといえる。

3.5.4 有効推定順位のヘルプシステム構築への利用

以上本章において、推定結果リスト型インタフェースにおける有効な推定順位を明らかにした。この有効推定順位利用方法について考察する。有効推定順位の 1 つの利用方法として、ヘルプシステムにどのような目的機能推定アルゴリズムを利用するか判断の利用がある。例えば、本ヘルプシステムにおいて 15 位を有効推定順位とすると、本ヘルプシステムに利用するアルゴリズムの評価としては、15 位以内にどの程度の割合で正解が推定できるアルゴリズムであるかという観点で推定アルゴリズムの決定や開発を行うことができる。

また、別の利用方法として、ヘルプシステムの動的なインタフェース切り替えがある。例えば、ヘルプボタンを押下されるまでの選択項目を用いた目的機能推定手法では、その選択項目の種類や選択項目に含まれる単語の特徴などにより推定精度が変化する。従って、ヘルプシステムが押下されるまでの選択項目の情報から推定精度が事前に予測できる場合

には、予測した推定精度に基づいて表示するインタフェースの切り替えを行うことも有効であると考えられる。例えば、選択項目数の種類数が少なく、推定精度が 15 位より低いと判断した場合、システムは階層型インタフェースを表示することが考えられる。

なお、本有効推定順位は、本システムで用いた目的機能推定手法に依存せず、同様の AV 機器では同程度の値になると考えられる。しかし、カテゴリ分類や機能名の判定時間、システム応答の時間に影響を受けると考えられる。例えば、比較対象とした階層型インタフェースのカテゴリ分類の数が多いほど、その判定時間は長くなると考えられるし、機能名のわかりやすさなどによっても判定時間は多少前後するものと考えられる。これら違いに応じて有効推定順位は変化すると考えられる。

3.6 結言

本章では、第 2 章で提案した目的機能推定手法をヘルプシステムに適用した際の有効性を検証するため、ユーザの操作履歴から目的機能を推定する手法を適用した DVD 録画機のヘルプシステムを構築し、評価実験を行った。評価実験では、実験協力者 16 人に対して合計 155 タスクを課し、ヘルプボタンが押下されるまでの操作履歴や操作時間などに関してその傾向を調べた。その結果、本評価実験では、ヘルプボタンが押されるまでの探索時間は 30sec から 60sec が最も多く、選択項目の種類数としては 2 種類が最も多い結果となった。一方、目的機能推定手法を適用したヘルプシステムにおいて推定結果をリスト提示した場合に、従来までの階層型インタフェースより有効になるための推定順位について、操作時間の観点で考察した。その結果、KLM を用いた場合には 19 位以内、評価実験における平均的な操作時間を用いた場合には 15 位以内であれば有効であることがわかった。

第 4 章 ユーザの操作履歴を用いた機能スキーマ推定に基づく フレーム駆動型インタラクション

4.1 諸言

第 2 章において操作履歴を用いた目的機能の推定手法を提案し，第 3 章において推定結果に基づいて推定対象機能を順位付けして一覧表示するインタフェースにおける有効推定順位を明らかにした．しかし，第 3 章における評価実験の結果において，推定結果を一覧表示するインタフェースでは，操作履歴によっては推定機能を持たないマニュアルの目次に基づいた階層型インタフェースよりも多くの操作時間を要してしまう場合があった．これは操作履歴が少ない場合などの理由により目的機能の推定順位が低い場合であるが，このような場合は機能を推定することでかえってユーザの負荷が増えてしまう．

そこで本章では，ヘルプボタン押下までの操作履歴を用いて，直接目的機能を推定するのではなく，ユーザが操作時に，どのような型に属する機能（本研究ではこの機能の型を機能スキーマと呼ぶ）を想定していたかを推定し，その結果を用いて目的機能を絞り込むインタラクション制御手法を提案する．提案手法では，予め，対象機器の機能スキーマを電子機器機能の共通構造^{[51][71]}に基づいて定義し，各機能の機能スキーマ及び機能スキーマを構成する共通要素を，それぞれフレーム及びスロット^[72]で表現する．このように表現されたフレームを用いて，フレーム駆動型対話制御^[50]により機能の絞込みに必要な情報の入

力を促す。この際、ヘルプボタン押下までの操作履歴からフレームやスロットの値の推定を行うことで、よりユーザ負荷の少ないインタラクションを実現することを目指す。

本インタラクション制御を行うヘルプシステムの有効性を検証するため、まず、第 2 章及び第 3 章で評価に用いた DVD 録画機のマニュアルを用いて機能スキーマの分類を行い、フレームとスロットの定義を行った。次に、操作履歴からフレーム及び一部のスロットを推定し、フレーム駆動モデルに基づいてインタラクションを行うヘルプシステムを PC 上に構築した。第 3 章で述べた 16 人の実験協力者による評価実験で得られた操作履歴データを用いて、提案手法に基づくヘルプシステムにおける目的機能までのユーザ操作負荷を他のヘルプシステムと評価することで提案手法の有効性を検証した。

4.2 機能スキーマに基づくインタラクション制御用フレームの設計

4.2.1 インタラクション・プリミティブに基づく機能スキーマの定義

インタラクション・プリミティブ (interaction primitive) とは、情報システムが関与する活動を整理・可視化するために提案された記述形式の一部で、要素間の複雑なインタラクションを表現するために組み合わせて用いられるインタラクションの基本単位を表す^[47]。表 4.1 に活動の記述に用いられるインタラクション要素の意味役割 (semantic role) すな

表 4.1 インタラクション要素の役割の定義(文献^[47]から抜粋)

Table 4.1 Definition of roles of interaction elements. (extracted from ^[47])

Role	Definition
Agent	The active participant that initiates and controls the event
Object	The passive participant that is most affected by the event
Experiencer	The participant affected by information about a Phenomenon
Phenomenon	That which is thought, felt, or sensed by the Experiencer
Instrument	The passive participant that enables the event
Location	The spatial boundary of the event
Source	The location from which an object is transported
Destination	The location to which an object is transported

わち深層格 (deep case) [73][74] の定義を示す。なお、ここでは、本研究で使用したプリミティブに関係する要素のみを示している。Bækgaard らは、これらの要素を結びつける基本的な行為として以下のプリミティブを取り上げ、さまざまな活動の具体例の説明に用いている[47]：

- ・ **SENSE** は、Experiencer, Source, Phenomenon という 3 つの格を伴い、Experiencer が Source から発せられる Phenomenon を知覚するという状況を表す。
- ・ **MOVE** は、Agent, Object, Source, Destination という 4 つの格を伴い、Agent が Object を Source から Destination に移動させるという状況を表す。
- ・ **MODIFY** は、Agent と Object の 2 つの格を伴い、Agent が Object の状態を変化させるような状況を表す。
- ・ **CONTROL** は、Agent と、Object または Experiencer という 2 つの格を伴い、Agent が Experiencer に要求して何かを実行させたり、Object を物理的に制御したりする状況を表す。

さらに Bækgaard らのモデルは、これらの行為を別の行為主体 “Mediator” が媒介して実行する状況もモデル化の対象として想定しており、Mediated SENSE や Mediated MOVE のように複数のプリミティブが組み合わさる複合的なインタラクションを記述することができる。各プリミティブには、それに分類される具体的なインタラクションが実行可能かどうかを定める事前条件と、実行後に成立するはずの事後条件が一般的に規定される[47]。これにより、どのようなインタラクション同士が複合可能かを厳密に検討することができる。

堀口らは、インタラクション・プリミティブを用いて電子機器がもつ機能を概念ネットワークとして記述することを試みたが、Bækgaard らの定義した要素のみでは記述できる機能の範囲に限界があったため、以下のような拡張を施した[51][71]。

- ・ **Property 要素の追加**：Object などの事物の属性を表現する “Property” 要素を新たに定義した。
- ・ **MODIFY の拡張**：MODIFY による変更前後の Object の状態や Property の値を表

現する“From”と“To”という要素を新たに定義した。MODIFYは、AgentがObjectの状態をFromからToに変化させるインタラクションを表すように変更した。また、上記の拡張に合わせて要素間の関係を図式的に表現するための記述様式をいくつか追加した。さらに、複数の電子機器のマニュアルに記載されている機能を説明する文に対してインタラクション・プリミティブの記述様式を用いて各機能を構成する要素間の関係を表した。その結果、対象とした電子機器の機能は9種類のインタラクション構造のいずれかに分類可能であることがわかり、堀口らはこのインタラクション構造を「共通構造 (common structure)」と呼んでいる。各共通構造は、機器がそれぞれの機能を実現するためにどのような操作を実行し、その操作に他のどのような要素が関与するかのパターンを表現したものである。表 4.2 に本研究で用いる6つの共通構造を図式的に表現したものを示す。各共通構造が表す活動は下記のとおりである：

共通構造 1 は、操作対象 (Object) をある場所 (Source) から別の場所 (Destination) に移動させる機能群を表す。この分類は「ダビングする」や「転送する」といった動詞で代表され、「HDDにあるビデオをDVDにダビングする」などの機能が含まれる。

共通構造 2 は、共通構造 1 に、操作対象 (Object) の特徴 (Property) をユーザ (User) が道具 (Instrument) を用いて機器 (System) に伝達する活動を追加したものである。この分類は「録画する」や「撮影する」といった動詞で代表され、「番組表で番組を選択してHDDに録画予約する」などの機能が含まれる。

共通構造 3 は、機器 (System) がもつ情報をユーザ (User) に呈示する機能群を表す。この分類は「見る」や「確認する」といった動詞で代表され、「着信履歴を見る」などの機能が含まれる。

共通構造 4 は、共通構造 4 の特殊な場合で、機器 (System) を媒介として、ある場所 (Source) のコンテンツをユーザ (User) が視聴する機能群を表す。この分類には「SDカードにある音楽を聴く」などの機能が含まれる。

共通構造 5 は、操作対象 (Object) をある状態から別の状態に変更する機能群を表す。この分類は「設定する」といった動詞で代表され、「アスペクト比を4:3に設定する」

などの機能が含まれる。

共通構造 6 は、ある場所 (Location) にある操作対象 (Object) の属性 (Property) を

ある値から別の値に変更する機能群を表す。この分類は「編集する」といった動詞で

代表され、「HDD に保存されている写真の日付を編集する」などの機能が含まれる。

本研究では、この共通構造を用いた分類される機能の型を電子機器における機能のスキーマ^[75]であるとみなし、機能スキーマと記述する。また、共通構造の変数を機能スキーマの要素と記述する。なお、以降で利用する機能スキーマの番号は前述の共通構造の番号に対応して記述する。

表4.2 さまざまな機器の機能の分析から抽出された共通構造（文献^[51]から抜粋）

Table 4.2 Common structures extracted from the analysis of a variety of device. (extracted from ^[51])

1	<p>The System moves an [Object] from the [Source] to the [Destination].</p>
2	<p>The System moves an [Object] from the [Source] to the [Destination]. The User tells a [Property] of the [Object] to the System by [Instrument].</p>
3	<p>The User senses a [Phenomenon] from the System.</p>
4	<p>The User senses a [Phenomenon] from the System. The System senses the [Phenomenon] from the [Source].</p>
5	<p>The System changes an [Object] from [STATE1] to [STATE2]</p>
6	<p>The System changes a [Property] of an [Object] at/in the [Location], from [VALUE1] to [VALUE2].</p>

4.2.2 評価対象機器における機能スキーマ抽出

第2章及び第3章で扱ったDVD録画機を評価対象とし、マニュアルに記載されている116の各機能について、対応する機能スキーマへの分類と、要素に対応する値を判断した(付録B)。表4.3に機能スキーマ1に対応した機能の分類結果を示す。なお、先の共通構造1の説明で述べたように、機能スキーマ1は「操作対象(Object)をある場所(Source)から別の場所(Destination)に移動させる」機能群である。表4.3より「ダビングする」を代表動詞とする機能スキーマ1に分類されたのは7機能であり、要素の具体的な値としては、例えばsourceの場合、HDD(ハードディスク)、DVD、VIDEO、VIDEO CAMERA、SDの5種類であることがわかる。表4.4に他の全ての機能スキーマの分類結果のまとめを示す。なお、機能スキーマの要素の項目内における括弧内の数字は要素の種類を表す。表4.4より機能スキーマによって分類される機能の数に差があることがわかる。評価対象のDVD録画機の場合、代表動詞が「設定する」である機能スキーマ5の機能数が52と全体の約45%を占める結果となった。

表 4.3 DVD録画機機能の機能スキーマ1への分類例

Table 4.3 Example of classification of the DVD recorder functions by function schema 1.

No.	Typical verb(s)	Expression of functions	Source	Object	Destination
1	Copy	One-touch copy	HDD	Recorded program	DVD
		Copy the multiple programs.	HDD/DVD	Recorded program	HDD/DVD
		Copy the disk has been finalized.	DVD	Recorded program	HDD
		Copy from Video	VIDEO	Recorded program	HDD/DVD
		Copy from Video camera	VIDEO/CAMERA	Recorded program	HDD/DVD
		Copy a photo stored on the SD card.	SD	Photo	HDD/DVD /SD
		Copy the multiple photos stored at once on the SD card.	SD	Photo	HDD/DVD

表 4.4 DVD録画機機能の機能スキーマへの分類結果

Table 4.4 Classification of the DVD recorder functions by function schema.

No.	Typical verb(s)	Element of function schema	Number of functions
1	Copy	Source(5), Object(2), Destination(3)	7
2	Record Program	Source(1), Object(2), Destination(2), Property(6)	6
3	Watch Check	Phenomenon(13)	13
4	Watch	Source(5), Object(6), Phenomenon(12)	17
5	Set	Source(4), Object(8), Property(47), To(23)	52
6	Edit	Source(3), Object(3), Property(9), To(11)	22

4.2.3 フレーム駆動モデルによるインタラクション制御

フレーム理論 (frame theory) は、1975 年に Minsky^[76]が考案した、ある対象に対して人間が持つ典型的なイメージを表す知識表現手法である^[72]。このフレームによって記述された知識を用いてインタラクションの制御を行う手法としてフレーム駆動モデルがあり、テキストベースの対話システム GUS の制御に利用された^[77]。フレーム駆動モデルによるインタラクション制御は、インタラクションの流れを有限状態オートマトンなどで記述する手法^[78]に比べて、拡張性が高く、混合主導型のインタラクションを比較的容易に扱えるという特長がある。また、一度に複数の情報入力容易で音声入力との親和性も高いため、音声対話システムにも用いられている^{[79][80][81]}。

フレーム駆動モデルをインタラクション制御に用いるシステムでは、タスクをフレームで表現し、タスク達成に必要な情報をスロットとして定義する。システムはユーザの入力がどのスロットに対するのかを判定し、対応するスロットに情報を設定した後、情報の入

っていないスロットに対して入力を促すインタラクションを行う。このようなインタラクション制御方法から、フレーム駆動モデルによるインタラクションはスロットフィリング（スロットフィル）インタラクションとも呼ばれる。

本研究では、機能スキーマとその要素をフレームとスロットで表現し、ヘルプシステムにおける目的機能探索のインタラクションを、フレーム駆動モデルを用いて行う。そこで、先に述べた評価対象の機能スキーマ分類結果に基づいてフレームとスロットの設計を行った。例えば、代表動詞が「ダビング」である機能スキーマ1の場合、フレームは「機能スキーマ1（代表動詞：ダビング）」とし、スロットは Source, Object, Destination と定義した。ヘルプシステムにおけるインタラクションでは、このように設計された機能スキーマを表現するフレームに基づいて、ユーザに対してスロットへの入力を促すことで、目的機能の絞り込みを行う。

4.3 機能スキーマの推定に基づくヘルプシステムのインタラクション制御

4.3.1 操作履歴を用いた機能スキーマとその要素の推定

第2章において、AV機器におけるユーザの操作戦略として、まず、機能を決定し、続いてコンテンツを決定する機能選択主導型と、まず、コンテンツを決定し、続いて機能を決定するコンテンツ選択主導の操作戦略があると述べた。本章においても、ユーザは両操作戦略を用いてAV機器の操作を行うとことを想定し、両操作戦略の特徴を利用した手法により機能スキーマおよび要素を推定する。

まず、機能スキーマの代表動詞を用いて機能スキーマを推定する手法について説明する。第2章で述べたように、ユーザが機能選択主導型の操作戦略に基づきメニュー選択操作を行っている場合、ラベル追従戦略に基づいた選択行動を行っていると考えられる。ラベル追従戦略に基づく探索時は、ユーザは目的機能に意味的類似度が最も近いメニュー項目を選択する。また、機能選択主導型では、まず機能の決定を行うメニュー項目を選択するため、その選択肢には機能の動作を表す動詞が含まれる可能性が高い。そこで、選択されたメニュー項目に含まれる動詞及びサ変接続の名詞を抽出し、各機能スキーマの代表動詞と比較する。その結果、一致する機能スキーマを目的機能の機能スキーマであると推定する。なお、動詞及びサ変接続の名詞の抽出には第2章及び第3章と同様に日本語形態素解析ツ

ール茶筌(chasen-2.4.2-1-ipadic-sjis-2.7.0)^[53]を用いた。

次に、操作履歴を用いた要素の推定について説明する。ユーザがコンテンツ選択主導型の操作戦略に基づいて選択を行っている場合、ユーザはまず目的機能の対象コンテンツへアクセスする操作を行う。そこで、本操作戦略の操作履歴から目的機能の対象となるコンテンツの種類を推定する。これは、第 2 章において操作対象を推定する際に用いた手法と同様であり、具体的には、操作履歴からどの表示画面で操作が行われたかを判断し、予め作成した表示画面と関連するコンテンツとの関係を記述したテーブルを用いることで目的コンテンツの種類を推定する。例えば、番組表が表示されている画面上でカーソル移動を行っている場合、ユーザの目的コンテンツの種類としては、「現在放送中の番組」「今後放送する番組」であると推定する。

コンテンツの種類は機能スキーマの要素の **Object** と **Phenomenon** に対応するため、目的コンテンツの種類を推定することで、両要素の値の推定が可能となる。なお、本研究では、この目的コンテンツの種類のみを要素の値として推定し、他の要素に関しては推定を行わない。また、要素の推定は機能スキーマの推定でもあり、値が推定された要素を構成に含む機能スキーマを目的の機能スキーマであると推定する。

4.3.2 インタラクションの制御方法

本ヘルプシステムにおけるインタラクション制御の処理を図 4.1 に示すフローチャートを用いて説明する。ユーザによってヘルプボタンが押下されると、まずボタン押下までの操作履歴を用いて前述の方法によりユーザが目的とした機能に対応する機能スキーマと要素の推定を行う。ここで、推定された機能スキーマが複数ある場合、目的対象の各機能は 1 つの機能スキーマに対応しているため、どちらかの推定結果は間違っていることになる。その場合は機能スキーマを 1 つに限定するインタラクションを行う。具体的には、複数の代表動詞が操作履歴にある場合や複数の種類の要素の値が推定された場合は、これらを限定するインタラクションを行う。また、一つの要素の値が複数の機能スキーマに跨る場合は機能スキーマの代表動詞を限定するインタラクションを行う。一方、操作履歴を用いた推定の結果、機能スキーマの推定結果が 1 つであった、または、インタラクションの結果 1 つになった場合、その機能スキーマに対応する要素の値を順次獲得するインタラクシ

ンを行う（スロットフィリングインタラクション）。ここで、問い合わせる要素順序は、フレーム設計時に予め定義した順に問い合わせる。また、操作履歴より推定された要素についてはデフォルト値として値が確定しているため、問い合わせを行わない。要素の値が決定されると、対応する機能数は減少する。機能数が所定値以下になった場合、もしくはさらに別の要素の値を問い合わせることによる機能の減少割合が所定値以下になった場合、ユーザに対して対象機能を伝えて目的機能の入力を促す。

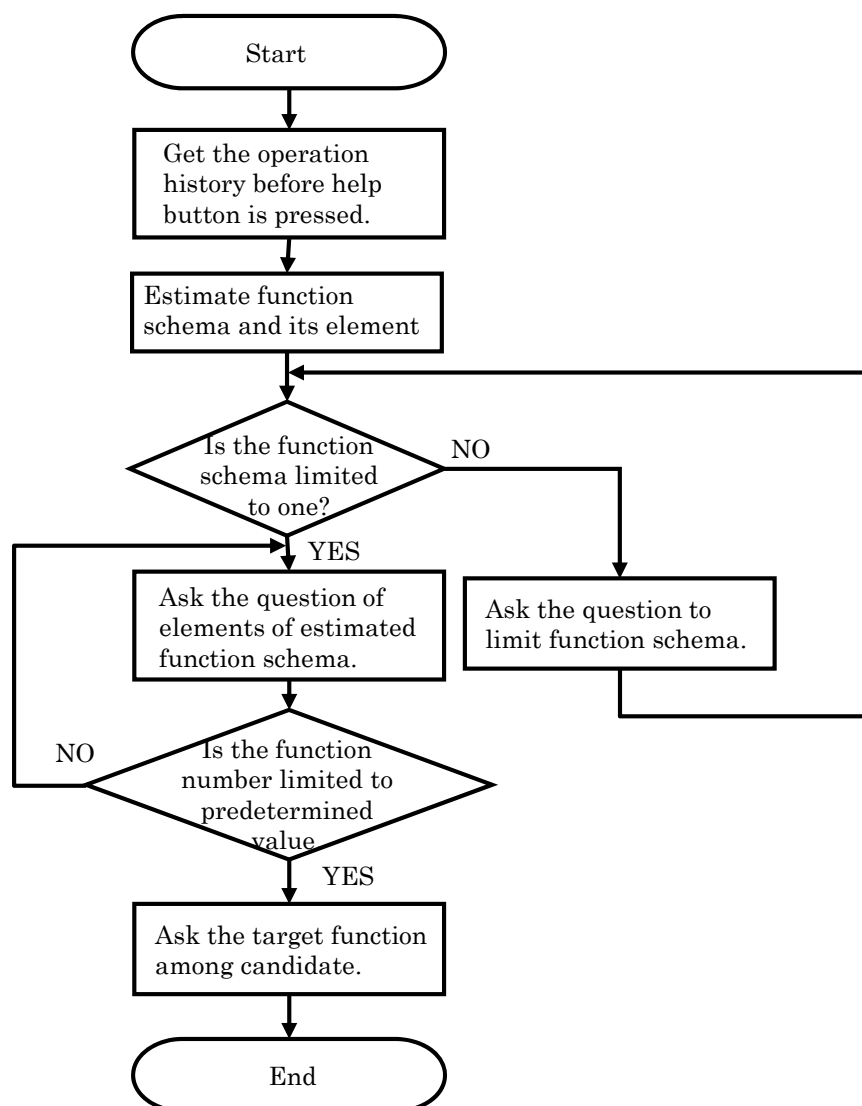


図 4.1 インタラクション制御処理のフローチャート

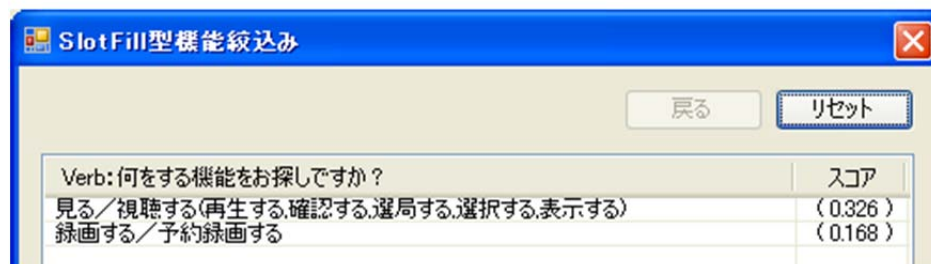
Fig. 4.1 Flow chart of proposed interaction management processing.

4.4 提案インタラクションの評価

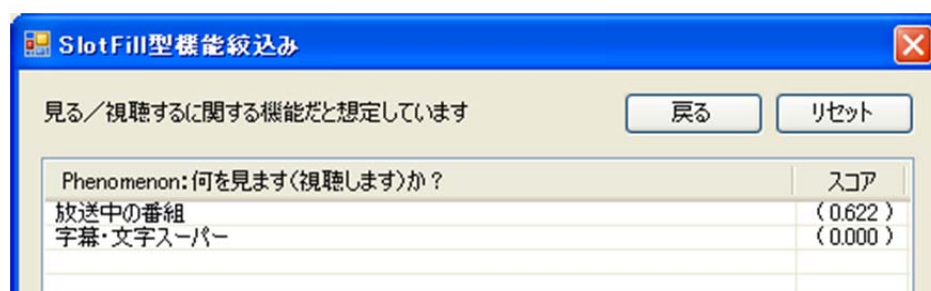
4.4.1 評価システムの構築

ヘルプシステムの対象とした DVD 録画機のヘルプボタン押下までの操作履歴データを読み込み, 前節で述べたインタラクション制御を行う機能探索ヘルプシステムを PC 上に実装した (以降スロットフィル型システムと記述). 本ヘルプシステムでは, 機能スキーマが複数あった場合の問い合わせや要素のスロットフィリングインタラクション, 最後の機能候補の問い合わせを, メニュー選択型のインタフェースにより行う. メニュー選択画面において表示するメニュー項目数は最大 10 項目とし, それ以上ある場合はページを変更して目的のメニュー項目を探す.

実装したヘルプシステムに対してある操作履歴データを入力した場合の画面を図 4.2 に示す. 本操作履歴では, ヘルプシステムが Object 要素の値を「現在見ている番組」である



(a) Screen of asking the verb of target function schema.



(b) Screen of asking the target element of function schema.

図 4.2 提案ヘルプシステムインタフェース画面の一例

Fig. 4.2 Screen capture of proposed help systems interface.

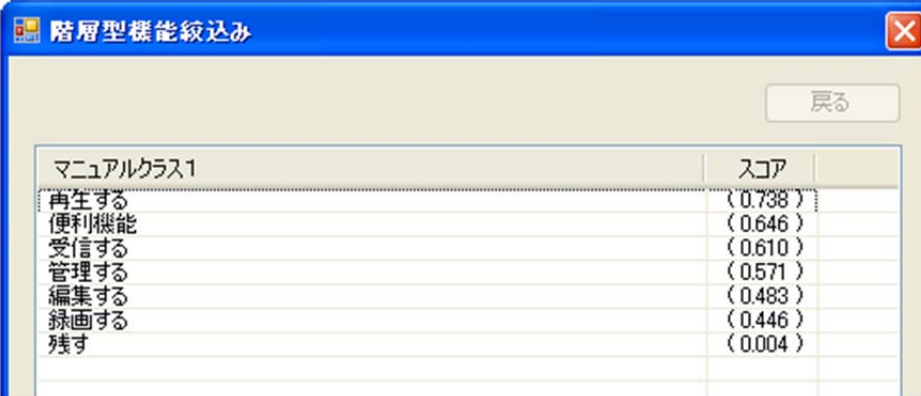
と推定したため、対象となる機能スキーマは 2 つとなる。図 4.2(a)は、代表動詞を提示することでこの 2 つの機能スキーマのどちらであるかを獲得するためのインタラクション画面である。なお、機能スキーマの代表動詞の後に括弧書きで表示されている動詞は、この機能スキーマに分類された全ての機能のマニュアルにおける機能説明で使われている動詞を抽出たものである。図 4.2(b)は、図 4.2(a)で代表動詞が「見る／視聴する」である機能スキーマ 3 に対応したメニュー項目を選択後、要素の **Phenomenon** について問い合わせを行っている画面である。**Phenomenon** のメニュー項目のどちらかを選択すると機能が 1 つに限定されるため、目的機能の支援情報が提示される。なお、本システムでは目的機能の支援情報として、対応する機能のマニュアルを表示した。

このように、本ヘルプシステムでは、値が推定された要素についての問い合わせを行わないことに加え、推定結果に対応する機能スキーマに関してのみ必要な情報を問い合わせるため、目的機能探索時におけるユーザの操作負荷を減らすことが可能となる。さらに、メニュー項目を表示する際は、図 4.2 に示すように、メニュー項目のスコアが高い順に表示した。このスコアはヘルプボタン押下までの操作履歴とメニュー項目の意味的類似度をスコア化したものである。これにより、ユーザの選択履歴に意味的に近いメニュー項目が上部に表示されるため、ユーザの操作負荷を軽減できると考えられる。なお、意味的類似度これまでの章と同様に潜在意味解析 (LSA) を用いて計算した。具体的には、対象 DVD 録画機のマニュアルから文書 - 単語行列を作成し、次元圧縮を行い操作履歴と選択項目との距離を LSA 空間上のベクトル距離により求めた。また、要素による機能絞り込みインタラクションの結果、最終的に複数の機能名を提示しユーザに選択させる画面においては、第 2 章で述べた手法により機能の順位付けを行い表示する。これにより機能名選択においてもユーザの操作負担を軽減することができると考えられる。

提案インタラクションの有効性検証のため、マニュアルに基づいた階層型インタフェースを有するヘルプシステム（以降マニュアル階層型システムと記述）と、操作履歴から直接目的機能を推定して一覧表示するインタフェースを有するヘルプシステム（以降機能名一覧型システムと記述）を構築した。マニュアル階層型ヘルプシステムと機能名一覧型ヘ

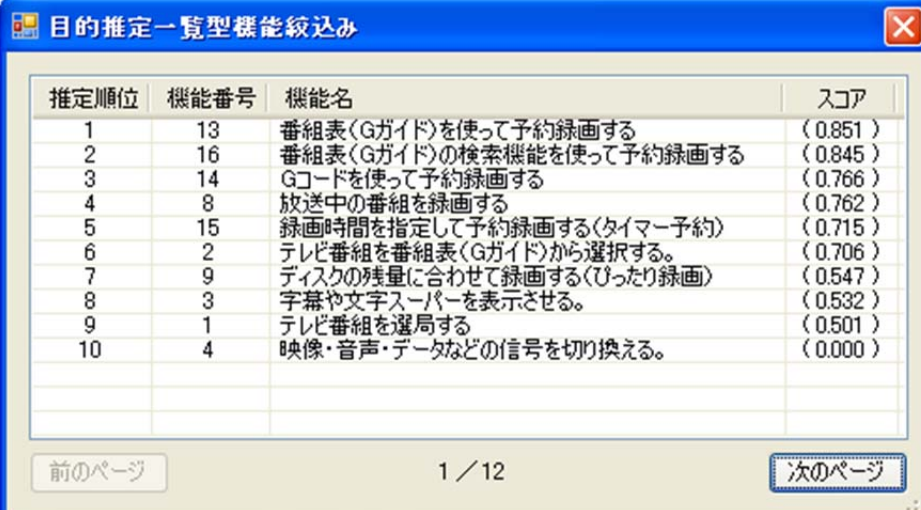
ルプシステムのそれぞれの画面の一例を図 4.3 に示す。

マニュアル階層型インタフェースは、マニュアルの目次に基づいた 2 階層の階層型インタフェースであり、第 1 階層は図 4.3(a)に示される 7 つのカテゴリ名がメニュー項目として表示される。第 2 階層では各カテゴリに対応する機能名が表示される。表 4.5 に第 1 階層のカテゴリ分類名と各カテゴリに分類に含まれる機能数を示す。第 1 階層で表示されるカテゴリ名及び第 2 階層で表示される機能名はスロットフィル型システムのメニュー項目



マニュアルクラス1	スコア
再生する	(0.738)
便利機能	(0.646)
受信する	(0.610)
管理する	(0.571)
編集する	(0.483)
録画する	(0.446)
残す	(0.004)

(a) Screen of hierarchal help system.



推定順位	機能番号	機能名	スコア
1	13	番組表(Gガイド)を使って予約録画する	(0.851)
2	16	番組表(Gガイド)の検索機能を使って予約録画する	(0.845)
3	14	Gコードを使って予約録画する	(0.766)
4	8	放送中の番組を録画する	(0.762)
5	15	録画時間を指定して予約録画する(タイマー予約)	(0.715)
6	2	テレビ番組を番組表(Gガイド)から選択する。	(0.706)
7	9	ディスクの残量に合わせて録画する(ぴったり録画)	(0.547)
8	3	字幕や文字スーパーを表示させる。	(0.532)
9	1	テレビ番組を選局する	(0.501)
10	4	映像・音声・データなどの信号を切り換える。	(0.000)

(b) Screen of help system to display estimated candidate list.

図 4.3 比較用ヘルプシステムの画面の一例

Fig. 4.3 Screen capture of conventional help systems interface.

表 4.5 マニュアル階層型の分類名及び対応機能数

Table 4.5 Classifications name and number of functions.

Category name	Number of functions	Category name	Number of functions
Receive	7	Keep	7
Record	11	Manage	5
Play	14	Convenient functions	45
Edit	27		

と同様の方法より意味的類似度の高い順に表示する。また、機能名一覧型システムは第 2 章で述べた手法を用いてヘルプボタン押下までの操作履歴から目的機能を推定し、推定スコアが高い順にリスト表示する。

なお、両システムのカテゴリ名及び機能名は、スロットフィル型ヘルプシステムと同様に 1 画面に 10 機能ずつ表示する。また両システムは操作履歴を用いた推定を行わない表示も可能であり、その際はマニュアルに記載の順にメニュー項目や機能名が表示される。

4.4.2 評価用操作履歴データ

スロットフィル型ヘルプシステムの有効性を確認するため、ユーザがヘルプボタンを押下するまでの操作履歴は第 3 章で述べた評価実験で得られたデータを用いて評価を行った。評価実験については第 3 章で詳しく述べているので、ここでは簡単に述べる。実験協力者は対象 DVD 録画機の利用経験が無い 20 代から 50 代の 16 人（男女共に 8 名）である。実験では、DVD 録画機を使って 116 機能の中から表 3.2 に示す 10 機能を実行するタスクを実験協力者に課し、タスク実行時の操作履歴を収集した。実験では、表 3.2 に示すタスク番号の小さなタスクから順番にタスクを実行させた。ただし、評価実験の時間は一定の時間に設定したため、実験協力者によって実行したタスク数は異なる（最多で 10 タスク）。

各タスクの評価では、まず、タスクに対する操作を開始する前に、タスク指示文を印刷した指示書を実験協力者に手渡した。実験協力者が指示書の内容を理解した後に、指示書を回収し、実験協力者にリモコンを渡してタスクの実行操作を開始させた。また、もし課せられたタスクを達成できないと判断した場合、リモコン上にあるヘルプボタンを押下す

表 4.6 ヘルプボタンが押下されたタスク
Table 4.6 Tasks that help button is used.

Function schema	Task No.	Number of participants	Function schema	Task No.	Number of participants
2	2	6	5	5	1
	3	4		8	3
4	4	10	6	6	1
	1	1			
	9	6			

るよう指示した。

本実験で実験協力者 16 人が行ったタスクは合計で 155 タスクであり，そのうち 14 人の実験協力者が 32 タスクに対してヘルプボタンを押下した．表 4.6 にヘルプボタンが押下されたタスクとそれに対応する機能スキーマ及び実験協力者の数を示す．本実験では，機能スキーマ 2 と機能スキーマ 4 に対応するタスクに対して，多くの実験協力者がヘルプボタンを押下した結果となった．

4.4.3 ユーザ操作負荷評価手法

提案インタラクションの有効性を検証する評価尺度として目的機能を選択するまでの操作負荷を用いる．ユーザの操作負荷を表現する変数として操作数が考えられる．しかし，操作数で比較を行う場合，操作を行う際のユーザの認知時間が考慮されていない．操作数が少なくとも理解することが難しいインタフェースでは，ユーザの負荷が大きいといえる．そこで，提案インタラクションの評価として第 3 章と同様に目的機能までの予測操作時間を用いる．操作時間の予測方法も第 3 章と同様に KLM^{[62][63]}を用い，視線移動はサッケード時間を 30ms, カテゴリ判断時間を 380ms, カテゴリ内の項目の照合判定時間を 310ms, キー操作時間を 280ms として計算する．これらの値を用いると，1 つのカテゴリの判断所要時間は 30ms+380ms=410ms となり，カテゴリ内に属する 1 つの項目における照合判定所要時間は 30ms+310ms=340ms となる．ただし構築したヘルプシステムにおいて，カテ

ゴリ内の項目判定である機能名の選択行為は、照合判定ではなくカテゴリ判断として操作時間を算出する。これは、ユーザはヘルプシステムで提示される機能名は予め知らず、照合判定よりカテゴリ判定に近いと考えたためである。

上記の値を利用した一例として、マニュアル階層型システムのカテゴリ分類画面の上から2番目にあり、機能名選択画面の1ページ目の5番目にある機能を選択した場合に、その操作に要する時間を計算する。目的カテゴリを判断して選択するのに要する時間は、2項目のカテゴリ判断時間とフォーカスを1移動させ、決定ボタンを押す選択操作時間の和として $2 \times 410 + 1 \times 280 + 280 = 1,380\text{ms}$ である。また、機能選択画面では5項目の判定に要する時間と、フォーカスを4移動させ、決定ボタンを押す5回の選択操作時間の和として $5 \times 410 + 4 \times 280 + 280 = 3,450\text{ms}$ である。そこで、ヘルプボタンを押下し、ヘルプシステムの画面が表示されてから目的機能に到達する時間は両時間の和として 4.83sec となる。

4.4.4 操作履歴を用いない場合のヘルプシステムの比較評価結果

本研究では、ユーザが操作支援を要求するまでの操作履歴を用いることで、ヘルプシステムにおける目的機能探索のユーザ負荷軽減を目指している。従って、操作履歴を用いた各ヘルプシステムの比較評価を行う前に、操作履歴を用いない場合の本章で提案するインタラクションに基づくヘルプシステムについて他のシステムとの比較評価を行う。

各ヘルプシステムにおいて、操作履歴を用いない場合の目的機能探索における予測操作時間を前節で述べた方法を用いて計算した。ここで、マニュアル階層型システム及び機能名一覧型システムでは、カテゴリ名や機能名の表示順は先に述べたようにマニュアルに記載されている順である。また、スロットフィリング型システムでは、マニュアル階層型システムにおけるカテゴリ順に近い機能スキーマ順を決定し、各要素はフレームを設計した際に決定した順に問い合わせることとした。なお、ユーザは正しいメニュー項目や機能名を選択するとして予測操作時間の計算を行った。

表 4.7 に計算結果を示す。表 4.7 において、平均と標準偏差は 116 の対象機能に辿り着くまでの予測操作平均時間とその標準偏差を示し、最短と最長は最も短い時間と最も長い時間で機能に到達した予測操作時間を示す。表 4.7 より、最も平均操作時間が短いシステムはスロットフィリング型システムであり、操作履歴を用いない場合においても提案インタラ

表 4.7 全機能に対する予測操作時間(操作履歴未使用)

Table 4.7 Predicted operation time for all functions.
(without operation history data)

Help system	Predicted operation time (sec)			
	The shortest time	The longest time	Mean	SD
Hierarchal	1.38	25.80	10.67	6.27
Listing estimated candidate	0.69.	53.01	27.21	14.90
Slot filling	2.07	20.49	8.58	4.16

クションが有効であることが確認できた。

機能名一覧型システムは他の 2 つのシステムに比べて最短での機能探索時間が非常に短い一方で、平均時間や最長時間は非常に長いため、良いインタフェースとはいえない。ただし、操作履歴による機能の推定が正しく行うことで、上位に表示することができれば、ユーザの操作負荷は小さいことがわかる。

マニュアル階層型システムはスロットフィリング型より最短時間は短いが最長時間と平均時間が長くなる結果となった。最短時間が短い理由としては、スロットフィリング型システムは最も問い合わせ項目が少ない機能スキーマ 3 においても、代表動詞と要素 1 つ (Phenomenon) の 2 つを問い合わせた後に対応する機能名を問い合わせるためである。一方、最長時間と平均時間が長くなるのは、カテゴリ名表示において最下に位置する「便利機能」に最も多い 45 機能が含まれるため、これらの機能を選択するのに時間を有してしまうためである。

4.4.5 操作履歴を用いた場合のヘルプシステムの比較評価結果

実験で収集したヘルプボタンが押下された 32 タスクの操作履歴データを各ヘルプシステムで読み込み、先に述べたような操作履歴を用いたインタラクション及びメニュー項目の表示制御を行った場合の予測操作時間を計算した。表 4.8 に計算結果を示す。表 4.8 において、全てのヘルプシステムにおいて、平均操作時間が短く分散も小さくなっていることがわかる。このことから各ヘルプシステムにおいて操作履歴を用いた処理が有効であること

表 4.8 全機能に対する予測操作時間(操作履歴使用)

Table 4.8 Predicted operation time for all functions.
(with operation history data)

Help system	Predicted operation time (sec)			
	The shortest time	The longest time	Mean	SD
Hierarchal	1.38	15.90	4.67	3.06
Listing estimated candidate	0.69	41.94	6.48	9.04
Slot filling	2.07	17.04	4.09	2.91

が確認できた。平均操作時間が最も減少したのは機能名一覧型システムであり、目的推定処理が特に有効であることがわかる。しかし、他のシステムと比べて標準偏差が 3 倍近くあることから、推定結果による操作負荷のばらつきが多い点が課題であると言える。また、最長時間に関して操作履歴を用いない場合と比較すると、同一システムでは短くなっているものの、他のシステムより長い。これは、操作履歴によっては、本システムを使って推定することによりかえって操作負荷が大きくなってしまう可能性があることを示唆している。一方、スロットフィリング型システムは、平均時間が他のシステムに比べて最も短く、有効であることが確認できる。また、最長時間も操作履歴を用いないどのシステムの最長時間よりも短くなっており、機能名一覧型システムのように、推定することでかえって操作負荷が大きくなってしまう可能性は低い。ただし、最長の操作時間は操作履歴を用いるマニュアル階層型システムより長くなっており、提案インタラクションにおいて操作時間短縮の効果が小さい操作履歴があったことを示している。

4.5 提案インタラクション評価結果の詳細分析

評価実験の結果、提案インタラクションを実装したヘルプシステムは比較用ヘルプシステムに対して予測操作時間が最も短く有効であることを確認した。しかしながら、操作履歴を用いた際の最長操作時間はマニュアル階層型ヘルプシステムより長い時間を必要とした。本節では、提案ヘルプシステムについての実験結果をより詳細に分析した結果について述べる。

評価実験で得られたヘルプボタンを押下した 32 タスクに対して、提案手法により正しい機能スキーマまたは要素を候補として推定できたのは 29 タスクであり、90%以上の操作履歴に対して推定が行えた。残りの 3 タスクのうち、2 タスクは操作履歴が少ない等の理由により推定候補が無く、1 タスクは誤推定であり、推定された機能スキーマまたは要素の候補に正解が含まれなかった。

まず、正しい機能スキーマまたは要素が推定候補に含まれていた 29 タスクについて述べる。この 29 タスクを用いた各ヘルプシステムの予測操作時間を表 4.9 に示す。提案システムの全体の予測平均操作時間は 3.38sec であり、表 4.8 に示した全タスクの平均操作時間より 17.4%短く、マニュアル階層型より 20.1%、機能名一覧型 17.8%短くなっている。このことから、機能スキーマや要素が正しく推定候補に含まれる場合、さらに本手法によるユーザの操作負荷軽減効果は大きいといえる。

同じメニュー選択型インタフェースであるが、スロットフィリング型はマニュアル階層型と異なり、機能スキーマや要素が 1 つに推定された場合、ユーザへの問い合わせ回数を減少させることができる。29 タスクの実験結果における機能スキーマとタスクごとの平均問い合わせ回数の減少率を表 4.10 に示す。表 4.10 より Task2,3 (機能スキーマ 2) と Task4 (機能スキーマ 4) の推定による問い合わせ数削減の効果が大きい結果となった。これは、コンテンツに関する Phenomenon や Object 要素の推定が有効に働いたためである。一方、

表 4.9 推定できたタスクに対する予測操作時間

Table 4.9 Predicted operation time for tasks that estimated function schema.

Help system	Predicted operation time (sec)			
	The shortest time	The longest time	Mean	SD
Hierarchal	1.38	9.21	4.27	2.27
Listing estimated candidate	0.69	13.59	4.11	3.48
Slot filling	2.07	7.59	3.38	1.33

Task6 (機能スキーマ 6) と Task8 (機能スキーマ 5) は問い合わせ回数の減少は無かった。これは、Task5 と Task6 に対応する機能スキーマはコンテンツに関する Phenomenon や Object を要素として持たないため、要素の推定が行われなかったためである。これらの機能スキーマに対しては操作履歴を用いた機能スキーマの推定による代表動詞のメニュー項目数削減と、各要素と機能名の問い合わせ時のメニュー項目表示順位の変更がユーザの操作負荷軽減を実現する。しかし、マニュアル階層型でもメニュー項目の表示順位の変更が行われるため、今回の評価実験で用いた KLM による操作時間の予測では、これらの機能スキーマに対応した機能に対する優位性は少ない。もし、操作時間の予測として、複数の選択肢から1つを選ぶ場合の意思決定の困難度を評価する理論である Hick の法則^[70]を用いた場合、選択肢の数が影響するため、提案手法による選択肢削減は効果を得られると考えられる。また、本研究では要素の推定としてコンテンツに関する要素の推定のみを行ったが、他の要素を推定することができれば、これらの機能スキーマも問い合わせ回数を減らすことができると考えられる。

表 4.10 平均問い合わせ回数の減少率
Table 4.10 Rate of decrease in average inquiry number.

Function schema	Task No.	Rate of decrease (%)
2	2	33.33
	3	33.33
4	4	20.00
	1	0.00
	9	5.00
5	8	0.00
6	6	0.00

次に機能スキーマまたは要素の推定候補が得られなかった 2 タスクについて述べる。この 2 タスクの操作履歴は共に、DVD 録画機におけるメインメニューを表示させるための「機能選択」というリモコン上のメニュー項目と、その中で他の機能に関するメニュー画面を表示させるための「その他の機能」というメニュー項目のみを選択したものであった。これらの選択項目には機能を絞り込むための情報が含まれていないため、機能スキーマの及び要素の推定ができなかった。提案ヘルプシステムは推定候補が得られなかった場合、まず機能スキーマの代表動詞を選択させることで機能スキーマを限定し、続いて対応する要素を定義に従って問い合わせるインタラクションを行う。対象 2 タスクの予測操作時間は 7.59sec (Task2) と 17.04sec (Task5) であり、最長時間を含む結果となった。最長時間を要したタスクは機能スキーマ 5 に対応するタスクであり、表 4.4 に示されるように 47 種類の Property 要素を持つため、他の結果に比べて長い時間を要した。この要素は他の要素に比べて数が極端に多いため、さらに細分化してスロットを割り当てた方が良いと考えられる。

最後に誤推定が行われた 1 タスクの予測操作時間の計算結果について述べる。誤推定が行われた場合、ユーザは初めに提示されたメニュー項目全てについて目的機能に関する項目が無いことを判断して「リセットボタン」を押下すると想定して予測操作時間を計算した。「リセットボタン」が押下されると、前述の推定候補が得られなかった場合のインタラクションが行われる。このように誤推定が行われると、誤推定が行われたことを判断するための過程が入るため、推定が正しく行えた場合に比べて長い操作時間を有してしまう。

計算の結果、対象タスクの予測操作時間は 8.26sec (Task9) であった。本タスクは「チャンネルを変更する」であるが実験協力者は DVD 録画のメニュー項目として「放送設定」を選択した。このため、ヘルプシステムは代表動詞が「設定する」である機能スキーマ 5 であると推定し、その要素である Object を問い合わせることからインタラクションを開始した。本実験協力者は「デジタル放送・再生」というメニュー項目も選択しており、チャンネルを変更するという機能を「放送」という単語を手掛かりに探索していたと考えられる。そこで、このような手掛かりにしている単語を特定することでより精度の高い機能ス

キーマの推定手法の実現が可能であると考えられる。また、本評価実験では、ユーザが表示されたメニュー項目を全て見たときに目的機能に属するものが無いと判断できるとして操作時間を予測した。しかしながら、ユーザが誤推定に気づかない場合、探索時間は大幅に長くなると考えられる。そこで、本ヘルプシステムでは、操作時間の予測計算には用いなかったが、図 4.2(b)に示すように、現在何の機能スキーマについてインタラクションを行っているかを表示した。これにより、ユーザがどんなインタラクションを機器と行っているかを認知し易くなるため、安心してインタラクションが行えると同時に、誤推定に気づき易いと考えられる。

4.6 結言

本稿では、目的機能探索時のユーザの操作負荷軽減を目指したヘルプインタラクション制御手法について提案し、その有効性について評価を行った。本手法では、ヘルプボタン押下までの操作履歴を用いて、AV 機器操作時にどのような機能スキーマが想定されていたかを推定し、機能を絞り込むインタラクションを行う。

提案手法の有効性を確認するため、DVD 録画機を対象とした提案制御手法と従来制御手法に基づくヘルプシステムを構築し、KLM を用いた目的機能までの予測操作時間を比較する評価を行った。評価には 16 人の実験協力者から得られた 32 タスクのヘルプボタン押下までの操作履歴を用いた。評価の結果、32 タスク中 29 タスクで正しく推定が行われ、2 タスクで推定結果無し、1 タスクで誤推定が行われた。提案システムにおける平均予測操作時間は全 32 タスクで 4.09sec、推定が成功した 29 タスクで 3.38sec であった。これは、従来の操作履歴を用いないマニュアル階層型ヘルプシステムと比較した場合、約 62%の時間短縮である。操作履歴を用いた場合の他のシステムとの比較結果においても、全 32 タスクで 12%以上、推定が成功した 29 タスクで 17%以上の平均操作時間が短縮し、提案手法の有効性が確認できた。なお、提案手法はユーザの操作負荷軽減のみならず、インタラクションの設計に電子機器の機能スキーマに基づいて行われているため、様々な電子機器で利用可能であるという特長を有する。

本評価実験では、操作履歴から推定できた機能スキーマに偏りがみられた。また、わずかながら誤推定もあった。そこで今後は、より推定精度を向上させるために、機能

スキーマやその要素の推定手法の改良を行う．また，提案システムを用いたユーザビリティ実験を行うことにより本手法の有効性を確認していく．

第 5 章 結論

現在の生活において、我々は様々な電子機器を日々利用している。これらの電子機器は多くの機能やサービスを提供してくれるため、我々に便利な生活を提供してくれる。しかしその一方で、これらの電子機器を使いこなすことは難しく、ユーザの操作支援を行うヘルプシステムが求められている。そこで、本研究では、電子機器を利用するユーザが目的機能に到達できず操作支援を求めた際に、それまでの操作履歴からユーザの操作意図を推定することで、ユーザの目的機能探索を支援するインタラクティブヘルプシステムの実現を目指した研究を行った。以降、各章についてのまとめを行う。

第 1 章では、まず、ユーザが目的の機能を実行できない理由として、機器の開発者がもつデザインモデルと機器を利用するユーザのメンタルモデルに乖離が存在することを述べ、この乖離を減らすために現在行われているユーザインタフェースの評価方法について議論した。次に、このような評価による機器のインタフェース改善にも関わらず、目的機能を実行できないユーザが存在するため、ヘルプシステムが有効であることを述べ、これまでに提案されたヘルプシステムについての紹介と考察を行った。最後にこれまでのヘルプシステムと比較を行うことで、本研究で目指すヘルプシステムの位置づけを明確化した。

第 2 章では、機器を操作するユーザが目的機能を達成できず操作支援を要求した際に、それまでユーザが目的機能の実行に正しいと想定して行った選択の履歴から目的機能を推定する手法について提案し、その有効性を検証した結果について述べた。まず、メニュー選択型インタフェースにおけるユーザの探索行動が目的機能に意味的類似度が最も近いメ

ニュー項目を選択するというラベル追従戦略に基づくとして構築したユーザモデルを用いた目的推定手法を提案した。本手法を 6 人の実験協力者による操作履歴収集実験で収集した 43 データに対して適用し、正解機能の推定順位を評価した。その結果、正解機能の平均推定順位は 15.7 位であり、上位 10 位以内に正解機能がある割合は 52.6%であった。次に、本評価実験における推定精度低下の要因分析を行った結果、AV 機器の操作戦略には機能選択主導型とコンテンツ選択主導型が存在し、ラベル追従戦略のみに基づく目的機能推定手法ではコンテンツ選択主導型の選択履歴に対して推定が困難であることがわかった。そこで、ユーザの操作戦略を判定し、その結果に応じて目的機能推定処理を変更する操作戦略に基づく目的機能推定方法を提案した。最後に、同操作履歴データを用いて操作戦略に基づく推定手法の評価を行った。その結果、操作戦略に基づく推定機能推定手法における正解機能の平均推定順位は 8.7 位であり、上位 10 位に正解機能が含まれている割合は 78.9%と、ラベル追従戦略に基づく手法のみを用いた場合に比べて大きく改善できた。

第 3 章では、ユーザの目的機能を推定することで機能探索の支援を行うヘルプシステムが従来の目的推定を行わないヘルプシステムに対してユーザの操作負担を軽減する推定精度について明らかにした。まず、第 2 章で述べたユーザの操作履歴から目的機能を推定する手法を適用した目的機能一覧型インタフェースと目的機能を推定しない階層型インタフェースを実装した DVD 録画機のヘルプシステムを構築し、評価実験を行った。評価実験では、実験協力者 16 人に対して合計 155 タスクを課し、ヘルプボタンが押下されるまでの操作履歴や操作時間などに関してその傾向を調べた。次に、目的機能推定を行うヘルプシステムにおける有効な推定精度を調べるため、比較用の階層型インタフェースにおいて各機能へ到達するために要する平均操作時間について KLM を用いて予測し、同モデルを用いてその予測時間より短く到達できる推定順位を有効な推定精度として求めた。さらに、評価実験で得られた両インタフェースにおける操作時間を用いて同様に有効な推定精度について求めた。その結果、KLM を用いた場合には 19 位以内、評価実験における平均的な操作時間を用いた場合には 15 位以内であれば有効であることがわかった。

第 4 章では、目的機能を直接推定する手法では、推定精度が悪い場合、ユーザ負荷が大

きくなってしまう問題に対して、直接目的機能を推定するのではなく、ユーザが操作時に、どのような機能スキーマを想定していたかを推定し、目的機能を絞り込むインタラクション制御手法を提案し、その評価を行った。提案手法では、予め対象機器の機能スキーマを電子機器機能の共通構造に基づいて定義し、各機能の機能スキーマ及び機能スキーマを構成する要素を、それぞれフレーム及びスロットで表現する。このように表現されたフレームを用いて、フレーム駆動型対話制御により機能の絞込みに必要な情報の入力を促す。この際、操作支援要求までの操作履歴からフレームやスロットの値の推定を行うことで、よりユーザ負荷の少ないインタラクションを実現することを目指した。提案手法の有効性を確認するため、DVD 録画機を対象とした提案制御手法と従来制御手法に基づくヘルプシステムを構築し、第 3 章で述べた評価実験で得た 32 タスクの操作履歴データを用いて目的機能までの予測操作時間を比較する評価を行った。その結果、32 タスク中 29 タスクで正しく機能スキーマの推定が行われ、2 タスクで推定結果無し、1 タスクで誤推定が行われた。提案システムにおける全 32 タスクの平均予測操作時間は、従来の操作履歴を用いないマニュアル階層型ヘルプシステムに対して約 62%短縮することができた。さらに、操作履歴を用いた場合の他のシステムとの比較結果においても、平均操作時間は全 32 タスクで 12%以上、推定が成功した 29 タスクで 17%以上の短縮を実現し、ここに本研究の成果を示すことができた。

最後に本研究の展望を述べて、本論文の結びとする。

第 2 章で述べた目的機能の推定手法については、LSA 意味空間構築で用いるテキストコーパスのユーザ適応による目的機能の推定精度向上の実現が考えられる。本研究では、LSA 意味空間の構築用テキストコーパスとして、マニュアルに記載された各機能の説明文書を用いた。これは、マニュアルに記載されている各機能の説明には初心者向けの説明文が多いため、目的を達成できなかったユーザの選択行動のモデルとして適切であると考えたためである。しかしながら、第 1 章で述べたようにユーザの機器に対するメンタルモデルは、これまで利用した機器などに影響されるため、ユーザごとに適したテキストコーパスを用いて LSA 意味空間を構築することにより高い精度の推定が実現できると可能性があると考え

える。この具体的な方法としては、ユーザが利用しているまたは利用していた機器のマニュアルを用いて LSA 意味空間を構築するといった手法が考えられる。

また、本研究における評価実験の結果から、操作履歴によっては正解機能が低い推定順位となる場合があることがわかった。本研究では、ヘルプシステムはこの推定結果を信じ、ユーザとのインタラクションを行うが、今後は、正解機能の推定順位が低い可能性を信頼度として定量化し、信頼度に基づいたインタラクションを実現したい。例えば、信頼度が低い場合は推定結果を直接利用せず、別の知識を利用したインタラクションを行う等、信頼度に応じたインタラクション変更により適切なインタラクションが実現できる。信頼度の計算方法としては、目的推定に利用操作履歴における単語の種類数や TF-IDF 値といった単語の出現頻度情報などを用いることが考えられる。また、各機能の推定結果のスコアの差分を利用した手法も考えられる。

第 4 章で述べた機能スキーマの推定に基づくインタラクション制御では、推定可能な機能スキーマの要素数を増やしていきたい。本研究では、2 種類の要素を推定し、その有効性を確認した。他の要素についての推定手法を提案し、さらにユーザ負荷の少ないインタラクションを実現したい。また、実際の機器の操作と連動した本インタラクションに基づくヘルプシステムを構築し、ユーザビリティテストを行うことで実用化に向けた検証を行っていきたい。

謝辞

本研究を遂行するにあたり，多くの方々にお世話になりました．ここに深く感謝の意を表します．

研究活動全般にわたり格別なるご指導とご鞭撻を賜りました京都大学大学院工学研究科機械理工学専攻 榎木哲夫教授に心より感謝致します．特に論文執筆が遅れる中，お忙しいところご指導賜りましたこと，お詫び申し上げますと共に厚く御礼申し上げます．

また，本論文をご精読頂き有用なコメントを頂きました京都大学大学院工学研究科機械理工学専攻 西脇眞二教授，京都大学大学院工学研究科マイクロエンジニアリング専攻 松原厚教授に深謝致します．西脇教授にコメント頂きましたユーザごとのユーザモデルの構築手法や，松原教授にコメント頂きました **direct manipulation** における意図推定手法につきましては，本研究の発展につながる有用な研究内容であり，今後の研究における方向性の指針とさせて頂きたいと思います．

研究活動では，貴重なご教示を賜りました京都大学大学院工学研究科機械理工学専攻 中西弘明講師，堀口由貴男助教に心より感謝致します．また，学位取得に対してご理解とご配慮賜りましたパナソニック株式会社先端技術研究所所長 上田大助氏，学位取得の機会を与えて頂き，本研究活動を終始ご支援頂くと共に，お忙しい中親身にご指導頂きましたパナソニック株式会社先端技術研究所グループマネージャー 小澤順氏に心より感謝致します．

本論文第2章における目的機能の推定手法及びその評価実験結果について，多くの議論

を交わして頂きましたパナソニックヘルスケア株式会社 西崎誠氏，パナソニック株式会社A V Cネットワークス社 沖本純幸氏，また，本論文における評価システムの構築に多大なご協力を頂きましたA V Cマルチメディアソフト株式会社 今西直人様，久保朋子様，吉田泰大様に深く感謝致します．

最後に，本研究の遂行及び本論文の執筆はいずれも家族の支援の上で成し遂げた成果であり，家族で過ごす時間が減る中，心の支えとなり元気づけてくれた妻と長女に感謝致します．また，本研究が行えたのは，修士課程を修了できていたからであり，その修了まで不自由なく健康に育てて頂いた両親に感謝致します．

参考文献

第 1 章

- [1] Norman, D.A. (野島久雄訳) : 誰のためのデザイン? 認知科学者のデザイン原論; 新曜社 (1990).
- [2] Norman, D.A., Draper, S.W. (Eds.): User Centered System Design: New Perspectives on Human-Computer Interaction; Lawrence Erlbaum (1986).
- [3] Shneiderman, B.: Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction; Addison-Wesley (1987).
- [4] Nielsen, J, Mack, R.L.: Usability Inspection Methods; Wiley (1994).
- [5] Polson, P.G., Lewis, C., Rieman, J., Wharton, C.: Cognitive walkthroughs: A method for theory-based evaluation of user interfaces; International Journal of Man-Machine Studies, Vol.36, pp.71-73 (1992).
- [6] de Souza, C. S.: The Semiotic Engineering of Human-Computer Interaction; The MIT Press (2005).
- [7] 堀口由貴男, 黒田祐至, 中西弘明, 榎木哲夫, 井上剛, 松浦聡: コミュニケーション齟齬に着目したメニュー体系の設計; ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.10, No.3, pp.21-33 (2008).
- [8] 樽本徹也: ユーザビリティエンジニアリング—ユーザ調査とユーザビリティ評価実践テクニック, オーム社, pp.115-118 (2005).

- [9] 山中裕也: 複数機種のカーナビゲーション操作に適応するメンタルモデル構築過程, 電子情報通信学会技術研究報告 HCS(ヒューマンコミュニケーション基礎); Vol.103, No.586, pp43-47(2004).
- [10] 山中裕也: カーナビゲーションの機種変更データからみたインターフェイス; 電子情報通信学会技術研究報告 HCS (ヒューマンコミュニケーション基礎); Vol.104, No.581, pp53-57(2005).
- [11] 高田和豊, 森川幸治: 機器乗換え時の操作における事前使用機器の影響とその誤操作要因の分析; 人工知能学会全国大会論文集, Vol.22, 2H2-02 (2008).
- [12] 河石勇, 平嶋宗, 柏原昭博, 豊田順一: オントロジーの差異が引き起こすメニュー操作の行き詰まりの検討; 人工知能学会研究会資料 SIG-IES-9302-5, pp.29-36 (1993).
- [13] 岡田衛, 石本明生, 山岡俊樹: 日常的な電気製品の操作手順に関する知識—年齢と経験の要因—; ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.9, No.4, pp.475-480 (2007).
- [14] 大山隆一郎, 山本喜一: テキストエディタにおける能動型ヘルプシステム; コンピュータソフトウェア, Vol.13, No.5, pp.371-386 (1996).
- [15] 中村喜宏, 関 亜紀子: 知識の獲得状況推測による能動型ヘルプシステムの提案; ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.14, No.1, pp.53-63 (2012).
- [16] 芥子育雄, 佐藤亮一, 宮川晴光, 黒武者健一, 清水仁: 機能意味検索と操作自動実行に基づくナビゲーションソフト; 情報処理学会研究報告 1999-HI-083, Vol.1999, No.35, pp.43-48 (1999).
- [17] 日笠亘, 藤井綱貴, 黒橋禎夫: 入力質問と知識表現の柔軟なマッチングによる対話的ヘルプシステムの構築; 情報処理学会研究会自然言語処理, Vol.99, No.95, pp.101-108 (1999).
- [18] 為廣愛美, 安藤大地, 笠原信一: ユーザーフレンドリーな対話型ヘルプキャラクターの制作と提案; 情報処理学会シンポジウム論文集, Vol.2012, No.3, pp.343-348, (2012).
- [19] 井村敦, 高木友博, 牛田博英, 山口亨: 概念ファジ-集合を用いたインテリジェント

- ヘルプシステム; 電気学会論文誌, Vol.114-C, No.12, pp.1312-1319 (1994).
- [20] 翠輝久, 駒谷和範, 清田陽司, 河原達也, 木戸冬子: 音声対話による大規模知識ベース検索システムー音声版ダイアログナビー; 情報処理学会研究報告, Vol.2004, No.74, pp.21-26 (2004).
- [21] 伊藤亮介, 駒谷和範, 河原達也: 機器操作マニュアルの知識と構造を利用した音声対話ヘルプシステム; 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.7, pp.2147-2154 (2002).
- [22] Gorrell, G., Lewin, I., Rayner, M.: Adding Intelligent Help to Mixed-Initiative Spoken Dialog Systems; Proceedings. of International Conference on Spoken Language Processing (ICSLP), pp.2065-2068 (2002).
- [23] 徳永健伸: 情報検索と言語処理; 東京大学出版会, p.3 (1999).
- [24] Taylor, R. S.: Question-Negotiation and Information. Seeking in Libraries, College and Research Libraries; Vol. 29, No. 3, pp. 178-194 (1968).
- [25] 池田智志, 駒谷和範, 高橋徹, 尾形哲也, 奥乃博: 音声対話システムにおける想定外発話の文法検証を用いた対話行為推定に基づくヘルプ生成; 情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.71st, No.2, pp.2.121-2.1224 (2009).
- [26] 藤田洋子, 竹内翔大, 川波弘道, 松井知子, 猿渡洋, 鹿野清宏: 単語の頻度と音響の特徴を利用した SVM による無効入力の棄却; 情報処理学会研究報告 2010-SLP-80(3), pp.1-6 (2010).
- [27] Cutting, D.R., Karger, D.R., Pedersen, J.O., Tukey, J.W.: Scatter/Gather: A Cluster-based Approach to Browsing Large Document Collections; Proceedings of the 15th Annual International ACM/SIGIR Conference, pp.318-329 (1992).
- [28] Marti A. Hearst, Jan O. Pedersen: Revealing Collection Structure through Information Access Interfaces; Proceedings of the 14th international joint conference on Artificial intelligence(IJCAI'95), pp.2047-2048 (1995).
- [29] Hearst, M.A., Karger, D.R., Pedersen, J.O.: Scatter/Gather as a Tool for the Navigation of Retrieval Results; Papers from the AAAI Fall Symposium AI Applications in Knowledge

- Navigation and Retrieval, Technical Report FS-95-03, pp.65-71 (1995).
- [30] Fischer, G., Lemke, A., Schwab, T.: Knowledge-based help systems. In Proceedings of Human Factors in Computing Systems (CHI-85), pp.161-167 (1985).
- [31] Zissos, A., Witten, I.: User modelling for a computer coach: A case study; International Journal of Man-Machine Studies, Vol.23, No.6, pp.729-750 (1985).
- [32] Breuker, J., Winkels, R., Sandberg, J.: A Shell for Intelligent Help Systems; In Proceedings of the 10th international joint conference on Artificial intelligence (IJCAI-87), pp.167-173 (1987).
- [33] Winkels, R., Breuker, J.: Discourse Planning in Intelligent Help Systems, in Intelligent Tutoring Systems; Crossroad of Artificial Intelligence and Education, Avlex Publishing Corp, pp.124-139 (1990).
- [34] 辻将悟, 山本喜一: テキストエディタのインテリジェントヘルプのための作業認識手法; コンピュータソフトウェア, Vol.24, No.3, pp.111-126 (2007).
- [35] 藤本和則, 松下光範, 本村陽一, 庄司裕子: 意思決定支援とネットビジネス, オーム社, p.61 (2005).
- [36] 高田和豊, 森川幸治: 機器乗換え時の操作における事前使用機器の影響; 情報処理学会論文誌, Vol.52, No.4, pp.1475-1484 (2011).
- [37] 本村陽一, 岩崎弘利: ベイジアンネットワーク技術; 東京電機大学出版局, (2006).
- [38] 本村陽一, 西田佳史: ベイジアンネットワークによるヒューマンモデリング, 人工知能学会誌, Vol.22, No.3, pp.320-327 (2007).
- [39] Horvitz, E., Breese, J., Heckerman, D., Hovel, D., Rommelse, K.: The Lumiere Project: Bayesian User Modeling for Inferring the Goals and Needs of Software Users; Proceedings of the 14th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence, pp.256-265 (1998).
- [40] 村田和義, 中野有紀子, 榎本美香, 有本泰子, 朝康博, 佐川浩彦: ベイジアンネットワークによるマルチモーダル対話の状態予測—ユーザとヘルプエージェントとの会話のモデル化を目指して—; 電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会, Vol.106,

- No.610, pp.25-30 (2007).
- [41] 内閣府経済社会総合研究所:消費動向調査—平成 22 年 3 月実施調査結果; p.10 (2010).
- [42] Shneiderman, B.: Designing the User Interface, 3rd edition, Addison Wesley (1997).
- [43] Norman, K. L.: Better Design of Menue Selection Systems Through Cognitive Psychology and Human Factors; Human Factors, Vol. 50, No.3, pp. 556-559 (2008).
- [44] Ichiro, K., Tomoko, T.: Intelligent Help System that Synchronizes Application Software Operation: Toward Intelligent Tailor-Made Information Provision; Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol.11, No.10, pp.1216-1223 (2007).
- [45] Landauer, T. K., Dumais, S. T.: A solution to Plato's problem: The Latent Semantic Analysis theory of the acquisition, induction, and representation of knowledge; Psychological Review, Vol.104, No.2, pp.211–240 (1997).
- [46] Landauer, T. K., Foltz, P. W., Laham, D.: An Introduction to Latent Semantic Analysis, Discourse Processes, Vol.25, pp.259–284, (1998).
- [47] Bækgaard, L., Bogh Anderson, P.: Using Interaction Scenarios to Model Information Systems; Working Paper I-2008-04, Aarhus School of Business, (2008).
- [48] Polson, P. G., Lewis, C., Rieman, J., Wharton, C. : Cognitive Walkthroughs: A method for theory-based evaluation of user interfaces; International Journal of Man-Machine Studies, Vol.36, pp.741-773 (1992).
- [49] 北島宗雄: HCI における探索過程の認知モデル; ヒューマンインタフェースシンポジウム'99, pp.831-836 (1999).
- [50] 河原達也, 荒木雅弘: 音声対話システム; オーム社, p.107 (2006).
- [51] 堀口由貴男, 下條亘, 中西弘明, 榎木哲夫: 機能の型に基づく階層型メニューの設計, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.15, No.1, pp.73-83 (2013).

第 2 章

- [52] 北島宗雄: ウェブ認知ウォークスルーによるウェブサイトユーザビリティの評価;
日本ファジィ学会誌, Vol.14, No.5, pp.446-460 (2002).
- [53] <http://chasen-legacy.sourceforge.jp/>
- [54] 河口信夫, 宮崎俊和, 稲垣康善: ユビキタス情報環境における履歴を用いた機器操作支援手法; 情報処理学会研究報告ユビキタスコンピューティングシステム, Vol.2004, No.39, pp.57-62 (2004).
- [55] 遠山緑生, 豊田陽一, 加藤文彦, 服部隆志: コンテキスト情報と操作履歴の関連付けによる操作予測システムの提案; 情報処理学会研究報告, Vol.2004, No.112, pp.83-90 (2004).
- [56] 黒橋禎夫, 清田陽司, 木戸冬子: 自動質問応答システム・ダイアログナビの現状と課題; 情報処理学会研究報告, Vol.2002, No.98, pp.19-24 (2002).
- [57] 翠也: 音声対話による大規模 知識ベース検索システム – 音声版ダイアログナビ –, 情報処理学会研究報告, Vol.2004, No.74, pp.21-26 (2004).
- [58] 粕谷英一; 行動生態学入門; 東海大学出版会, 第 2 章 (1990).
- [59] Pirolli, P., Card, S. K.: Information Foraging; Psychological Review, Vol.106, No.4, pp.643-675 (1999).
- [60] Pirolli, P.: Computational Models of Information Scent-Following in a Very Large Browseable Text Collection; Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '97, pp.3-10 (1997).
- [61] Chi, E. H., Pirolli, P., Chen, K., Pitkow, J.: Using Information Scent to Model User Information Needs and Actions on the Web; Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI 2001, pp. 490-497 (2001).

第 3 章

- [62] Card, S. K., Moran, T. P., Newell, A.: The Keystroke-Level Model for User Performance Time with Interactive Systems, Communication of ACM, Vol.23, No.7, pp.396-410 (1980).

- [63] Card, S. K., Moran, T. P., Newell, A.: The Psychology of Human-computer Interaction, Lawrence Erlbaum Associates (1983).
- [64] 徳永健伸: 情報検索と言語処理; 東京大学出版会; pp.32-33 (1999).
- [65] <http://www.tobii.co.jp/japan.aspx>
- [66] 徳永健伸: 情報検索と言語処理; 東京大学出版会, pp.73-81 (1999).
- [67] 松井正一, 山田誠二: 遺伝的アルゴリズムによる階層メニューの最適化; 人工知能学会論文誌, Vol.23, No. 6B, pp. 494-504 (2008).
- [68] 小松原明哲: 単層階層メニュー選択システムにおけるグループサイズ的设计方法について; 人間工学, Vol.27, No.2, pp.73-82 (1991).
- [69] Cockburn, A., Gutwin, C., Greenberg, S.: A Predictive Model of Menu Performance, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'07), pp. 627-636 (2007).
- [70] Hick, W. :On the rate of gain of information; Quarterly Journal of Experimental Psychology, Vol.4, pp.11-26 (1952).

第 4 章

- [71] 下條亘, 榎木哲夫, 堀口由貴男, 中西弘明: 電子機器のインタラクション・プリミティブに基づくメニュー構造生成と複合タスク操作支援: 知能システムシンポジウム資料; Vol.38th, pp.403-408 (2011).
- [72] 小林一郎: 人工知能の基礎; サイエンス社, p.85 (2008).
- [73] Fillmore, C. J.: Subjects, Speakers, and Roles; Synthese, Vol.21, No.3, pp. 251–274 (1970).
- [74] Fillmore, C. J.: The Case for Case Reopened;(Cole, P. and Sadock, J. M., Eds.) Syntax and Semantics, 8: Grammatical Relations, Academic Press Inc., pp. 59–81 (1977).
- [75] 小谷津孝明: 認知心理学講座 2 記憶と知識; 東京大学出版, p.167 (1985).
- [76] Minsky, M.: Minsky's frame system; Proceedings of the 1975 workshop on Theoretical issues in natural language, pp.104–116 (1975).
- [77] Bobrow, D. G., Kaplan, R. M., Kay, M., Norman, D.A., Thomson, H., Winograd, T.: GUS, A

- Frame-Driven Dialog System; Artificial Intelligence, Vol.8, Issue 2, pp.155-173 (1977).
- [78] Nielsen, P. B., Bækgaard, A.: Experience with a dialogue description formalism for realistic applications, Proc. ICSLP'92, pp.719-722 (1992).
- [79] Young, S. J., Proctor, C. E.: The design and Implementation of dialogue control in vice operated database inquiry systems; Computer Speech and Language, Vol.13, Issue 4, pp.329-353 (1989).
- [80] Goddeau, D., Meng, H., Polifroni, J., Seneff, S., Busayapongcha, I. S.: A Form-Based Dialogue Manager for Spoken Language Applications; Proceedings of ICSLP, pp.701-704 (1996).
- [81] 奥智岐, 西本卓也, 荒木雅弘, 新美康永: タスクに依存しない音声対話の制御方式; 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J86-D-2, No.5, pp.608-615 (2003).

研究業績

論文(査読有り)

1. 井上剛, 小澤順: AV 機器におけるユーザの操作戦略に基づく目的推定手法; ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.11, No.2, pp.213-221 (2009).
2. 井上剛, 小澤順: 録画機のヘルプシステムに適用した目的推定インタフェースの評価; ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.12, No.4, pp.47-57 (2010).
3. 井上剛, 小澤順, 堀口由貴男, 中西弘明, 榎木哲夫: AV 機器ヘルプシステムにおける機能スキーマ推定に基づくフレーム駆動型インタラクション; ヒューマンインタフェース学会論文誌 (投稿中)

国際会議(査読有り)

1. Inoue, T., Ozawa, J.: Target Estimation Method for Audio-Visual Recorders Based on Users' Operation History; Proceedings of the 2012 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE2012), pp.478-479 (2012).
2. Inoue, T., Ozawa, J., Horiguchi, Y., Nakanishi, H., Sawaragi, T.: Evaluation of a Help System Designed Using Interaction Primitives to Estimate the Function Schemata of User, Proceedings of the 1st IEEE Global Conference on Consumer Electronics, pp.243-247 (2012)

国内会議(査読無し)

1. 井上剛, 西崎誠, 沖本純幸, 松浦聰, 小澤順: メニュー選択履歴を用いた目的推定精度のユーザ操作戦略に基づく分析; 情報処理学会第 70 回全国大会予稿集, 3F-7, pp.47-48 (2008).
2. 井上剛, 小澤順: 録画機器におけるユーザの操作戦略を用いた目的推定精度の改善; ヒューマンインタフェースシンポジウム 2008 論文集, pp.1082-1086 (2008).
3. 井上剛, 小澤順: 操作履歴に基づく目的推定のヘルプシステムへの応用とその評価; ヒューマンインタフェースシンポジウム 2009 論文集, pp.321-326 (2009).
4. 井上剛, 小澤順, 堀口由貴男, 中西弘明, 榎木哲夫: インタラクション・プリミティブに基づくフレーム駆動モデルによる AV 機器ヘルプシステムの評価; 第 39 回知能システムシンポジウム資料, pp.287-292 (2012).
5. 井上剛, 小澤順, 堀口由貴男, 中西弘明, 榎木哲夫: 機能スキーマ推定に基づく AV 機器ヘルプシステムのインタラクション制御手法, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2012 論文集, pp.1003-1006 (2012).
6. 井上剛, 小澤順, 堀口由貴男, 中西弘明, 榎木哲夫: 機能スキーマ推定を用いた AV 機器ヘルプインタフェースの評価; 第 55 回自動制御連合講演会講演論文集, pp.574-579 (2012).

付録 A

表 A.1 に目的機能推定に用いた DVD 録画機器の各機能におけるカテゴリ分類と機能表現と機能の操作対象を示す。第 2 章では本機能の機能番号 1 から 100 までの機能を用い、第 3 章では機能番号 1 から 116 までの機能を用いて目的機能の推定を行った。

表 A.1 目的機能推定に用いた DVD 録画機の機能 (1)

Table A.1 Functions of the DVD recorder used in estimating target function (1).

No.	Category name	Function name	Operation object
1	受信する	テレビ番組を選局する	放送中の番組
2	受信する	テレビ番組を番組表 (Gガイド) から選択する。	放送中の番組
3	受信する	字幕や文字スーパーを表示させる。	放送中の番組
4	受信する	映像・音声データなどの信号を切り替える。	放送中の番組／デジタル放送／地上デジタル放送／BSデジタル放送／CSデジタル放送
5	受信する	番組の視聴制限を設定する。	デジタル放送／有料放送
6	受信する	有料放送を見る。	有料番組／有料放送／BSデジタル放送／CSデジタル放送
7	受信する	データ放送を見る。	データ放送
8	録画する	放送中の番組を録画する	放送中の番組
9	録画する	ディスクの残量に合わせて録画する (びったり録画)	放送中の番組
10	録画する	録画中の番組を頭から見る (追っかけ再生)	録画された番組
11	録画する	録画中の番組を戻してみる (タイムワープ)	録画された番組
12	録画する	録画中に他の番組 (タイトル) を見る (同時録画再生)	録画された番組
13	録画する	番組表 (Gガイド) を使って予約録画する	放送中の番組／後に放送される番組
14	録画する	Gコードを使って予約録画する	放送中の番組／後に放送される番組
15	録画する	録画時間を指定して予約録画する (タイマー予約)	放送中の番組／後に放送される番組
16	録画する	番組表 (Gガイド) の検索機能を使って予約録画する	放送中の番組／後に放送される番組
17	録画する	予約内容を確認する・取消す・修正する	録画予約した番組／後に放送される番組
18	録画する	予約待機を解除する	DVDレコーダ本体
19	再生する	録画した番組 (タイトル) を選んで再生する	録画された番組
20	再生する	市販ディスク、または最後に録画した番組を再生する	市販ディスク／録画された番組

表 A.1 目的機能推定に用いた DVD 録画機の機能 (2)

Table A.1 Functions of the DVD recorder used in estimating target function (2).

No.	Category name	Function name	Operation object
21	再生する	再生中の録画した番組(タイトル)を消去する	録画された番組
22	再生する	操作の状態を表示する(情報表示)	DVDレコーダ本体
23	再生する	MP3を再生する	MP3の音楽ファイル
24	再生する	写真(IPEG/TIFF)を再生する	保存された写真
25	再生する	音声情報	録画された番組
26	再生する	信号切換	録画された番組
27	再生する	字幕情報	録画された番組
28	再生する	音声チャンネル	録画された番組
29	再生する	静止画	保存された写真
30	再生する	再生方法を設定する(再生)	録画された番組
31	再生する	お好みの画質を設定する(映像)	録画された番組
32	再生する	お好みの音楽効果を設定する(音声)	録画された番組
33	編集する	録画した番組(タイトル)を消す。タイトル消去	録画された番組
34	編集する	録画した番組のを確認する。内容確認	録画された番組
35	編集する	録画した番組にタイトル名をつける。タイトル名入力	録画された番組
36	編集する	録画した番組の誤消去防止の設定/解除。プロテクト設定/解除	録画された番組
37	編集する	録画した番組(タイトル)の不要な部分を消す。部分消去	録画された番組
38	編集する	録画した番組のタイトル一覧で表示される画像(サムネイル)を変更する。サムネイル変更	録画された番組
39	編集する	録画した番組(タイトル)を2分割する。タイトル分割	録画された番組
40	編集する	チャプターを再生する。	録画された番組
41	編集する	チャプター部分を消す(部分消去)。チャプター消去	録画された番組
42	編集する	チャプターを作成する。チャプター作成	録画された番組
43	編集する	区切り点をなくしてチャプターをつなぐ。チャプター結合	録画された番組
44	編集する	プレイリストを作成する。	録画された番組
45	編集する	プレイリストを再生する。	録画された番組
46	編集する	プレイリストを消す。プレイリスト消去	録画された番組
47	編集する	プレイリストの内容を確認する。内容確認	録画された番組
48	編集する	プレイリストを新しく作る。プレイリスト新規作成	録画された番組
49	編集する	プレイリストを複製する。プレイリスト複製	録画された番組
50	編集する	プレイリスト名をつける。プレイリスト名入力	録画された番組
51	編集する	プレイリスト一覧で表示される画像(サムネイル)を変更する。サムネイル変更	録画された番組
52	編集する	チャプターを追加する。チャプター追加	録画された番組
53	編集する	チャプターの順番を変える。チャプター移動	録画された番組
54	編集する	チャプターを作成する。チャプター作成2	録画された番組
55	編集する	写真を編集する	保存された写真
56	編集する	写真を消去する。写真の消去。フォルダごと消去	保存された写真
57	編集する	フォルダ名をつける。フォルダ名入力。	保存された写真
58	編集する	誤消去防止の設定/解除。写真のプロテクト設定/解除。フォルダのプロテクト設定/解除。	保存された写真
59	編集する	プリンタや写真店でプリントする枚数を設定する。写真のDPOF設定。フォルダ内のDPOF設定。	保存された写真
60	残す	ワンタッチダビング	録画された番組
61	残す	複数の録画番組(タイトル)やプレイリストを組み合わせてダビングする(ダビングリスト)	録画された番組
62	残す	ファイナライズされたディスクをダビングする	録画された番組
63	残す	ビデオからダビングする	録画された番組
64	残す	ビデオカメラからダビングする	録画された番組
65	残す	SDカードの写真をダビングする/HDDやDVD-RAMに保存した写真をSDカードにダビングする。	保存された写真
66	残す	SDカードの写真を一度にHDDやDVD-RAMにダビングする[写真(JPEG)一括取込]	保存された写真
67	管理する	DVDディスクに名前を付ける(ディスク名入力)	ディスク(DVD)
68	管理する	誤消去防止の設定/解除(ディスクプロテクト)	ディスク(DVD)
69	管理する	録画番組(タイトル)を全て消去する(全番組消去)	録画された番組
70	管理する	ディスク(HDD、DVD)やSDカードを初期化する。[HDDの初期化(フォーマット)/ディスクのフォーマット/カードのフォーマット]	ディスク(DVD・HDD・SD)

表 A.1 目的機能推定に用いた DVD 録画機の機能 (3)

Table A.1 Functions of the DVD recorder used in estimating target function (3).

No.	Category name	Function name	Operation object
71	管理する	他の機器で再生できるようにする[トップメニュー／ファーストプレイ選択／他のDVD機器再生(ファイナライズ)]	ディスク(DVD)
72	便利機能	放送局や本機からのメールを見る。	DVDレコーダ本体
73	便利機能	購入した有料番組を確認する。	有料番組
74	便利機能	購入した有料番組の送信結果を確認する。	有料番組
75	便利機能	双方向通信の結果一覧を見る	DVDレコーダ本体
76	便利機能	B-CASカードの番号などを見る	DVDレコーダ本体
77	便利機能	本機に関する情報を見る	DVDレコーダ本体
78	便利機能	110度CSデジタル放送から送られる情報を見る	DVDレコーダ本体
79	便利機能	データ放送からのお好みページを使う	DVDレコーダ本体
80	便利機能	番組表(Gガイド)の受信スケジュールを確認する	DVDレコーダ本体
81	便利機能	時計の時刻を合わせる	DVDレコーダ本体
82	便利機能	地域設定を修正する	DVDレコーダ本体
83	便利機能	デジタル放送の受信に必要なB-CASカードの接続テストを行う	DVDレコーダ本体
84	便利機能	ダウンロード予約の方法を選ぶ	DVDレコーダ本体
85	便利機能	受信できる局を自動で探す	DVDレコーダ本体
86	便利機能	チャンネル設定を修正する	DVDレコーダ本体
87	便利機能	受信チャンネルの映りを調整する	DVDレコーダ本体
88	便利機能	受信可能な放送局を自動で探す(初期スキャン)	DVDレコーダ本体
89	便利機能	受信できる局を自動で追加する(再スキャン)	DVDレコーダ本体
90	便利機能	チャンネル設定を修正する(マニュアル)	DVDレコーダ本体
91	便利機能	受信チャンネルを修正する(衛星デジタル放送)	DVDレコーダ本体
92	便利機能	電話回線の設定をする。	DVDレコーダ本体
93	便利機能	内線電話の設定をする。	DVDレコーダ本体
94	便利機能	通信先に電話番号を通知するか決める。	DVDレコーダ本体
95	便利機能	電話会社を設定する。	DVDレコーダ本体
96	便利機能	電話テストを行う。	DVDレコーダ本体
97	便利機能	ネットワークの設定する	DVDレコーダ本体
98	便利機能	ブラウザの設定をする	DVDレコーダ本体
99	便利機能	初期設定をお買い上げ時の状態に戻す(初期設定リセット)	DVDレコーダ本体
100	便利機能	アンテナ設定、電話設定をお買い上げ時の状態に戻す。(放送設定リセット)	DVDレコーダ本体
101	便利機能	自動電源[切](設置)	DVDレコーダ本体
102	便利機能	クイックスタート(設置)	DVDレコーダ本体
103	便利機能	視聴制限(ディスク:再生設定)	録画された番組
104	便利機能	DVD-AudioのVideoモード再生(ディスク:再生設定)	録画された番組
105	便利機能	音声言語(ディスク:再生設定)	録画された番組
106	便利機能	字幕言語(ディスク:再生設定)	録画された番組
107	便利機能	メニュー言語(ディスク:再生設定)	録画された番組
108	便利機能	EP時の記録時間(ディスク:記録設定)	放送中の番組／後に放送される番組
109	便利機能	高速ダビング用録画(ディスク:記録設定)	放送中の番組／後に放送される番組
110	便利機能	デジタル放送録画モードDR固定(ディスク:記録設定)	放送中の番組／後に放送される番組
111	便利機能	スチルモード(映像)	録画された番組
112	便利機能	シームレス再生(映像)	録画された番組
113	便利機能	HDノイズフィルター(映像)	録画された番組
114	便利機能	音声のダイナミックレンジ圧縮(音声)	録画された番組
115	便利機能	二重放送音声記録(音声)	録画された番組／放送中の番組／後に放送される番組
116	便利機能	記録音声モードの設定[XP時](音声)	録画された番組／放送中の番組／後に放送される番組

付録 B

表 B.1 に第 4 章において述べた DVD 録画機器の各機能に対して行った機能スキーマへの分類と、要素に対応する値を判断した結果を示す。

表 B.1 DVD 録画機の各機能のスキーマへの分類結果 (1)

Table B.1 Classification of the DVD recorder functions by function schema (1).

No.	Function name	FS No.	Typical verb(s)	Source	Object	Destination	Input-Instrument	Phenomenon	To	Property
1	テレビ番組を選局する	4	見る 視聴する	TV network	放送中の番組	-	-	放送中の番組	-	-
2	テレビ番組を番組表 (Gガイド) から選択する。	4	見る 視聴する	TV network	放送中の番組	-	番組表	放送中の番組	-	-
3	字幕や文字スーパーを表示させる。	4	見る 視聴する	TV network	放送中の番組	-	-	字幕・文字スーパー	-	-
4	映像・音声・データなどの信号を切り換える。	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	変更	映像・音声・データなどの信号 (デジタル放送)
5	番組の視聴制限を設定する。	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	ON・OFF	番組の視聴制限 (デジタル放送・有料放送)
6	有料放送を見る。	4	見る 視聴する	TV network	有料放送	-	-	有料番組	-	-
7	データ放送を見る。	4	見る 視聴する	TV network	データ放送	-	-	データ放送	-	-
8	放送中の番組を録画する	2	録画する 予約録画する	TV network	放送中の番組	HDD/DVD	リモコンボタン	-	-	現在表示されている番組
9	ディスクの残量に合わせて録画する (びったり録画)	2	録画する 予約録画する	TV network	放送中の番組	HDD/DVD	びったり録画設定画面	-	-	録画時間
10	録画中の番組を頭から見る (追っかけ再生)	4	見る 視聴する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	録画された番組	-	-
11	録画中の番組を戻して見る (タイムワープ)	4	見る 視聴する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	録画された番組	-	-
12	録画中に他の番組 (タイトル) を見る (同時録画再生)	4	見る 視聴する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	録画された番組	-	-
13	番組表 (Gガイド) を使って予約録画する	2	録画する 予約録画する	TV network	放送中の番組 後に放送される番組	HDD/DVD	番組表	-	-	番組名
14	Gコードを使って予約録画する	2	録画する 予約録画する	TV network	放送中の番組 後に放送される番組	HDD/DVD	Gコード入力画面	-	-	Gコード
15	録画時間を指定して予約録画する (タイマー予約)	2	録画する 予約録画する	TV network	放送中の番組 後に放送される番組	HDD/DVD	時間設定画面	-	-	開始・終了時刻

表 B.1 DVD 録画機の各機能のスキーマへの分類結果 (2)

Table B.1 Classification of the DVD recorder functions by function schema (2).

No.	Function name	FS No.	Typical verb(s)	Source	Object	Destination	Input-Instrument	Phenomenon	To	Property
16	番組表 (Gガイド) の検索機能を使って予約録画する	2	録画する 予約録画する	TV network	放送中の番組 後に放送される番組	HDD/DVD	検索条件設定画面	-	-	キーワード or ジャンル or 人名 or トピック
17	予約内容を確認する	3	見る 確認する	-	-	-	-	録画/予約内容	-	-
18	予約内容を取消す・修正する	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	取り消す・ 修正する	録画予約 内容
19	予約待機を解除する	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	ON・OFF	録画・予約 待機
20	録画した番組 (タイトル) を選んで再生する	4	見る 視聴する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	録画された番組	-	-
21	最後に録画した番組を再生する	4	見る 視聴する	HDD/DVD /	録画された番組	-	-	録画された番組	-	-
22	市販ディスクの番組を再生する	4	見る 視聴する	DVD/VCD /CD	市販ディスクの番組	-	-	市販ディスクの 番組	-	-
23	再生中の録画した番組 (タイトル) を消去する	6	編集する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	-	消去	コンテンツ 自体
24	操作の状態を表示する (情報表示)	3	見る 確認する	-	-	-	-	操作内容・機器 状態	-	-
25	MP3を再生する	4	見る 視聴する	CD	録音された音楽	-	-	MP3	-	-
26	写真 (JPEG/TIFF) を再生する	4	見る 視聴する	HDD/DVD /SD/CD	写真	-	-	写真	-	-
27	音声情報	5	設定する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	-	変更	音声情報
28	信号切換	5	設定する	HDD	録画された番組	-	-	-	変更	音声・映像 情報
29	字幕情報	5	設定する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	-	変更	字幕情報
30	音声チャンネル	5	設定する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	-	変更	音声 (L・ R)
31	静止画	5	設定する	DVD	静止画	-	-	-	変更	再生方法
32	再生方法を設定する (再生)	5	設定する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	-	変更	再生方法
33	お好みの画質を設定する (映像)	5	設定する	HDD/DVD /VCD	録画された番組	-	-	-	変更	画質
34	お好みの音楽効果を設定する (音声)	5	設定する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	-	変更	音声効果
35	録画した番組 (タイトル) を消す。タイトル消去	6	編集する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	-	消去	コンテンツ 自体
36	録画した番組の内容を確認する。	4	見る 視聴する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	番組内容	-	-
37	録画した番組にタイトル名をつける。タイトル名入力	6	編集する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	-	作成	番組名
38	録画した番組の誤消去防止の設定/解除。プロテクト設定/解除	5	設定する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	-	ON・OFF	ディスク プロテクト
39	録画した番組 (タイトル) の不要な部分を消す。部分消去	6	編集する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	-	部分消去	コンテンツ 自体
40	録画した番組のタイトル一覧で表示される画像 (サムネイル) を変更する。サムネイル変更	6	編集する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	-	変更	サムネイル
41	録画した番組 (タイトル) を2分割する。タイトル分割	6	編集する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	-	2分割	コンテンツ 自体
42	チャプターを再生する。	4	見る 視聴する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	チャプター	-	-
43	チャプター部分を消す (部分消去)。チャプター消去	6	編集する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	-	消去	チャプタ
44	チャプターを作成する。チャプター作成	6	編集する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	-	作成	チャプタ
45	区切り点をなくしてチャプターをつなぐ。チャプター結合	6	編集する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	-	結合	チャプタ
46	プレイリストを作成する。	6	編集する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	-	作成	プレイリスト
47	プレイリストを再生する。	4	見る 視聴する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	プレイリスト	-	-
48	プレイリストを消す。プレイリスト消去	6	編集する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	-	消去	プレイリスト
49	プレイリストの内容を確認する。内容確認	4	見る 視聴する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	プレイリスト内容	-	-
50	プレイリストを新しく作る。プレイリスト新規作成	6	編集する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	-	作成	プレイリスト
51	プレイリストを複製する。プレイリスト複製	6	編集する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	-	複製	プレイリスト
52	プレイリスト名をつける。プレイリスト名入力	6	編集する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	-	作成	プレイリスト 名
53	プレイリスト一覧で表示される画像 (サムネイル) を変更する。サムネイル変更	6	編集する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	-	変更	プレイリスト のサムネ イル
54	チャプターを追加する。チャプター追加	6	編集する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	-	チャプター の追加	プレイリスト
55	チャプターの順番を変える。チャプター移動	6	編集する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	-	チャプター の移動	プレイリスト

表 B.1 DVD 録画機の各機能のスキーマへの分類結果 (3)

Table B.1 Classification of the DVD recorder functions by function schema (3).

No.	Function name	FS No.	Typical verb(s)	Source	Object	Destination	Input-Instrument	Phenomenon	To	Property
56	写真を編集する	6	編集する	HDD/DVD/SD	写真	-	-	-	編集	コンテンツ自体
57	写真を消去する。写真の消去。フォルダごと消去	6	編集する	HDD/DVD/SD	写真	-	-	-	消去	コンテンツ自体
58	フォルダ名をつける。フォルダ名入力。	6	編集する	HDD/DVD/SD	写真	-	-	-	作成	写真の入ったフォルダの名前
59	誤消去防止の設定/解除。写真のプロテクト設定/解除。フォルダのプロテクト設定/解除。	5	設定する	HDD/DVD/SD	写真	-	-	-	ON・OFF	プロテクト
60	プリンタや写真店でプリントする枚数を設定する。写真のDPOF設定。フォルダ内のDPOF設定。	5	設定する	SD	写真	-	-	-	枚数設定	DPOF
61	ワンタッチダビング	1	ダビングする	HDD	録画された番組	DVD	-	-	-	-
62	複数の録画番組(タイトル)やプレイリストを組み合わせてダビングする(ダビングリスト)	1	ダビングする	HDD/DVD	録画された番組	HDD/DVD	-	-	-	-
63	ファイナライズされたディスクをダビングする	1	ダビングする	DVD	録画された番組	HDD	-	-	-	-
64	ビデオからダビングする	1	ダビングする	VIDEO	録画された番組	HDD/DVD	-	-	-	-
65	ビデオカメラからダビングする	1	ダビングする	VIDEOCAMERA	録画された番組	HDD/DVD	-	-	-	-
66	SDカードの写真をダビングする/HDDやDVD-RAMに保存した写真をSDカードにダビングする。	1	ダビングする	HDD/DVD/SD	写真	HDD/DVD/SD	-	-	-	-
67	SDカードの写真を一度にHDDやDVD-RAMにダビングする[写真(JPEG)一括取込]	1	ダビングする	SD	写真	HDD/DVD	-	-	-	-
68	DVDディスクに名前を付ける(ディスク名入力)	6	編集する	DVD	DVD	-	-	-	作成	ディスク名
69	誤消去防止の設定/解除(ディスクプロテクト)	5	設定する	DVD	ディスク(DVD)	-	-	-	ON・OFF	ディスクプロテクト
70	録画番組(タイトル)を全て消去する(全番組消去)	6	編集する	HDD/DVD	録画された番組	-	-	-	全消去	コンテンツ自体
71	ディスク(HDD、DVD)やSDカードを初期化する。[HDDの初期化(フォーマット)/ディスクのフォーマット/カードのフォーマット]	5	設定する	-	ディスク(DVD・HDD・SD)	-	-	-	実行	フォーマット
72	他の機器で再生できるようにする[トップメニュー/ファーストプレイ選択/他のDVD機器再生(ファイナライズ)]	5	設定する	-	ディスク(DVD)	-	-	-	実行	ファイナライズ
73	放送局や本機からのメールを見る。	3	見る 確認する	-	-	-	-	メール	-	-
74	購入した有料番組を確認する。	3	見る 確認する	-	-	-	-	有料番組購入記録	-	-
75	購入した有料番組の送信結果を確認する。	3	見る 確認する	-	-	-	-	有料番組購入記録送信結果	-	-
76	双方向通信の結果一覧を見る	3	見る 確認する	-	-	-	-	双方向通信一覧	-	-
77	B-CASカードの番号などを見る	3	見る 確認する	-	-	-	-	B-CASカード番号	-	-
78	本機に関する情報を見る	3	見る 確認する	-	-	-	-	本機の情報	-	-
79	110度CSデジタル放送から送られる情報を見る	3	見る 確認する	-	-	-	-	CS放送からの情報	-	-
80	データ放送からのお好みページを使う	3	見る 確認する	-	-	-	-	お好みページ	-	-
81	番組表(Gガイド)の受信スケジュールを確認する	3	見る 確認する	-	-	-	-	Gガイド受信スケジュール	-	-
82	時計の時刻を合わせる	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	変更	時計の時刻
83	地域設定を修正する	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	変更	地域設定
84	デジタル放送の受信に必要なB-CASカードの接続テストを行う	3	見る 確認する	-	-	-	-	B-CASカードテスト結果	-	-
85	ダウンロード録画/予約の方法を選ぶ	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	自動・手動	ダウンロード録画・予約
86	受信できる局を自動で探す	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	自動修正する	受信チャンネル(地上アナログ放送)
87	チャンネル設定を修正する	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	手動修正する	受信チャンネル(地上アナログ放送)
88	受信チャンネルの映りを調整する	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	手動調節する	チャンネルの映り

表 B.1 DVD 録画機の各機能のスキーマへの分類結果 (3)

Table B.1 Classification of the DVD recorder functions by function schema (3).

No.	Function name	FS No.	Typical verb(s)	Source	Object	Destination	Input-Instrument	Phenomenon	To	Property
89	受信可能な放送局を自動で探す(初期スキャン)	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	自動登録する	受信チャンネル(地上デジタル放送)
90	受信できる局を自動で追加する(再スキャン)	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	自動追加する(再スキャンする)	受信チャンネル(地上デジタル放送)
91	チャンネル設定を修正する(マニュアル)	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	手動修正する	受信チャンネル(地上デジタル放送)
92	受信チャンネルを修正する(衛星デジタル放送)	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	手動修正する	受信チャンネル(衛星デジタル放送)
93	電話回線の設定をする。	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	プッシュ・ダイヤル	電話回線の種類
94	内線電話の設定をする。	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	設定	内線電話
95	通信先に電話番号を通知するか決める。	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	指定なし・通知する・通知しない	発信者番号通知
96	電話会社を設定する。	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	電話番号設定	電話会社
97	電話テストを行う。	3	見る 確認する	-	-	-	-	電話設定テスト結果	-	-
98	ネットワークの設定する	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	設定	ネットワーク情報
99	ブラウザの設定をする	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	設定	ブラウザ情報
100	初期設定をお買い上げ時の状態に戻す(初期設定リセット)	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	する・しない	初期設定項目リセット
101	アンテナ設定、電話設定をお買い上げ時の状態に戻す。(放送設定リセット)	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	する・しない	アンテナ設定・電話設定(放送設定)リセット
102	自動電源〔切〕(設置)	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	2H・6H・切	自動電源
103	クイックスタート(設置)	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	入・切	クイックスタート
104	視聴制限(ディスク:再生設定)	7	設定する	DVD	市販ディスクの番組	-	-	-	レベル0-8	視聴制限
105	DVD-AudioのVideoモード再生(ディスク:再生設定)	5	設定する	DVD	市販ディスクの番組	-	-	-	ON・OFF	DVD-AudioのVideoモード再生
106	音声言語(ディスク:再生設定)	5	設定する	DVD	市販ディスクの番組	-	-	-	変更	音声言語
107	字幕言語(ディスク:再生設定)	5	設定する	DVD	市販ディスクの番組	-	-	-	変更	字幕言語
108	メニュー言語(ディスク:再生設定)	5	設定する	DVD	市販ディスクの番組	-	-	-	変更	メニュー言語
109	EP時の記録時間(ディスク:記録設定)	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	6H・8H	EP時の記録時間
110	高速ダビング用録画(ディスク:記録設定)	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	入・切	高速ダビング対応
111	デジタル放送録画モードDR固定(ディスク:記録設定)	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	入・切	録画モードDR固定
112	スチルモード(映像)	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	オート・フィールド・フレーム	スチルモード
113	シームレス再生(映像)	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	入・切	シームレス再生
114	HDノイズフィルター(映像)	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	入・切	HDノイズフィルター
115	音声のダイナミックレンジ圧縮(音声)	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	入・切	音声のダイナミックレンジ圧縮
116	二重放送音声記録(音声)	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	主音声・副音声	二重放送音声記録
117	記録音声モードの設定〔XP時〕(音声)	5	設定する	-	DVDレコーダ本体	-	-	-	Dolby Digital・LPCM	記録音声モード